



Biogeosystem Technique

Journal is being issued since 2014.
ISSN 2409-3386, E-ISSN 2413-7316
2016. Vol.(9). Is. 3. Issued 4 times a year

EDITORIAL BOARD

Dr. Kalinichenko Valery – Institute of Soil Fertility of South Russia, Persianovsky, Russian Federation (Editor-in-Chief)

Dr. Blagodatskaya Evgeniya – Institute of Physical Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russian Federation

Dr. Elizbarashvili Elizbar – Iakob Gogebashvili Telavi State University, Telavi, Georgia

Dr. Glazko Valery – Moscow agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russian Federation

Dr. Lisetsky Fedor – Belgorod State University, Russian Federation

Dr. Minkina Tatiana – Southern Federal University, Russian Federation

Dr. Okolelova Alla – Volgograd State Technical University, Russian Federation

Dr. Shein Evgeny – Moscow State University named M.V. Lomonosov, Russian Federation

Dr. Surai Peter - Feed-Food.ltd, Scotland, UK

The journal is registered by Federal Service for Supervision of Mass Media, Communications and Protection of Cultural Heritage (Russian Federation).

Journal is indexed by: **Cross Ref** (USA), **Electronic scientific library** (Russia), **Open Academic Journals Index** (Russia), **CiteFactor** – **Directory of International Research Journals** (Canada), **Universal Impact Factor** (Australia).

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Postal Address: 26/2 Konstitutsii, Office 6
354000 Sochi, Russian Federation

Website: <http://ejournal19.com/en/index.html>
E-mail: evr2010@rambler.ru

Founder and Editor: Academic Publishing
House *Researcher*

Passed for printing 15.09.16.
Format 21 × 29,7/4.

Headset Georgia.
Ych. Izd. l. 5,1. Ysl. pech. l. 5,8.

Order № B-9.

Biogeosystem Technique

2016

Is. 3



Издается с 2014 г.
ISSN 2409-3386, E-ISSN 2413-7316
2016. № 3 (9). Выходит 4 раза в год.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Валерий Калинин – Институт плодородия почв юга России, Персиановский, Персиановский, Российская Федерация (Гл. редактор)
Благодатская Евгения – Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Российская Федерация
Глазко Валерий – МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация
Лицецкий Федор – Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация
Минкина Татьяна – Южный федеральный университет, Российская Федерация
Околелова Алла – Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация
Сурай Петр – компания Фит-фуд лтд., Скотланд, Соединенное Королевство
Шени Евгений – МГУ имени Ломоносова, Российская Федерация
Элишбарашвили Элишбар – Телавский государственный университет, Телави, Грузия

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (Российская Федерация).

Журнал индексируется в: **Cross Ref** (США), **Научная электронная библиотека** (Россия), **Open Academic Journals Index** (Россия), **CiteFactor – Directory of International Research Journals** (Канада), **Universal Impact Factor** (Австралия).

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Адрес редакции: 354000, Россия, г. Сочи,
ул. Конституции, д. 26/2, оф. 6

Подписано в печать 15.09.16.
Формат 21 × 29,7/4.

Сайт журнала: <http://ejournal19.com/>
E-mail: evr2010@rambler.ru

Гарнитура Georgia.
Уч.-изд. л. 5,1. Усл. печ. л. 5,8.

Учредитель и издатель: ООО «Научный
издательский дом "Исследователь"» - Academic
Publishing House *Researcher*

Заказ № В-9.

C O N T E N T S

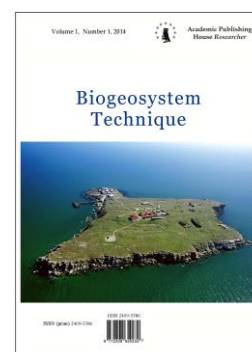
Articles and Statements

Genetic Structure of Karachai Horses on ISSR-PCR Markers Valery I. Glazko, Timur A. Erkenov, Tatina T. Glazko, Khisir M. Dzatoev	195
Change of the Dehydrogenase Activity in Soils of Caucasus Black Sea Coast at Pollution of Heavy Metals and Oil Sergei I. Kolesnikov, Anna A. Kuzina, Kamil Sh. Kazeev, Natal'ya A. Vernigorova, Natal'ya A. Evstegneeva	205
Flood Vulnerability Modelling Factors of Nafada Town, Gombe State, Nigeria Using Remote Sensing and GIS Techniques M.I. Muhammad, U. Wali, M.A. Modibbo	218
Microbiological Modification of Kaolinite and Montmorillonite Surface: Changes in Physical and Chemical Parameters (Model Experiment) Evgeny V. Shein, Nadezhda V. Verkhovtseva, Evgeny Yu. Milanovsky, Anna A. Romanycheva	229
Conceptual Vectors of South Ukraine Plant-Grower Industry Development in Terms of Modern Climatic Transformation Alexander Zhuykov	235

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
E-ISSN: 2413-7316
Vol. 9, Is. 3, pp. 195-204, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.9.195
www.ejournal19.com



Articles and Statements

UDC 539.1.047:575.224

Genetic Structure of Karachai Horses on ISSR-PCR Markers

Valery I. Glazko ^{a,b,*}, Timur A. Erkenov ^a, Tatina T. Glazko ^{a,b}, Khisir M. Dzatoev ^c

^a Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiriyev, Moscow, Russian Federation

^b Centre of Experimental Embryology and Reproductive Biotechnologies RAAS, Moscow, Russian Federation

^c Ministry of Agriculture of Karachai-Cherkes Republic, Russian Federation

Abstract

Loss of biodiversity, irreversible extinction of local gene pools of native species, highly adapted to local agro-ecosystems requires the development of methods to identify the unique features of domestic genetic resources of farm animals. In this regard, in the present work the studies of the gene pool of representatives of the national Karachai breed horses, characterized by adaptation to conditions of mountain hypoxia, was carried out. The analysis of the genotypes of the 43 loci from 47 mares, 47 year-old fillies and 6 stallions with the use of methods for genotyping on the amplification products of the horse genome DNA fragments, flanked by inverted repeats of microsatellite loci (AG)₉C, (GA)₉C and (GAG)₆C with the using of the polymerase chain reaction (Inter-Simple Sequence Repeats – ISSR-PCR markers). The data obtained indicate a high degree of consolidation of the studied groups of animals, it was found that the average index of genetic identity between animals is 0.9345. The relatively high polymorphism of amplification product spectra obtained with the using as primer the sequence (GA)₉C. In all spectra only 13 loci from 43 ones were polymorphic and only 5 of them were involved in the subdivision of the investigated animals on the genetic distances to the two clusters. Given the genotypes of stallions can be expected that the differentiation between one-year-old fillies due to their different contribution stallions in the formation of their gene pools.

Keywords: Karachai breed horses, the spectra of amplification products, genetic differentiation, ISSR-PCR markers, consolidation.

1. Введение

Одной из центральных проблем животноводства является сокращение в мировом масштабе генетических ресурсов животных сельскохозяйственных видов. По данным FAO, в месяц происходит исчезновение в среднем одной породы. В особой опасности находятся местные породы. Сокращение породного разнообразия происходит с высокой скоростью, в

* Corresponding author

E-mail addresses: vigvalery@gmail.com (V.I. Glazko)

частности, у домашней лошади утрачено около 87 пород из них 71 порода – Европы и Кавказа (FAO, 2007). По данным FAO, на долю России приходится десятая часть мировых породных ресурсов коневодства. Локальные породы лошадей представляют интерес как несущие в своем геноме редкие аллели, ассоциированные с их приспособленностью к условиям среды обитания, и как резерв генетического разнообразия (Hendrickson S.L., 2013; Khrabrova, 2011; Zaitseva, 2010). Следует отметить также, что сокращение местных пород сказывается на соответствующих экосистемах, в которых копытные являются ландшафт образующими видами (Kalinitchenko et al., 2014; Kalinitchenko et al., 2016).

К таким породам, в частности, относится и отечественная порода – карачаевская. Карачаевская лошадь незаменима в условиях горной гипоксии, обладает высокой работоспособностью, выносливостью и плодовитостью (89,3–89,9 % жеребят на сто кобыл), имеет мягкий и удобный шаг. Карачаевская порода лошадей уникальна тем, что она универсальна и успешно может использоваться, наряду с выполнением задач сельскохозяйственного производства в горных условиях, для массового конного спорта, конной охоты и туризма, службы в армии и пограничных войсках.

Карачаевская порода лошадей является существенным элементом этноса карачаевского народа, тесно связанного с особенностями эколого-географических условий его формирования. Детальное зоотехническое обследование коневодства Северного Кавказа, проводившееся в 20–30-е годы, позволило отнести к числу подлинно самостоятельных пород региона две породы: кабардинская и карачаевская. На этом основании в 1935 году был выпущен I том Государственной племенной книги горских лошадей, куда и были записаны лучшие представители этих двух пород. После выселения карачаевского народа в республики Средней Азии, лошади карачаевской породы были «переписаны» в кабардинские, что и было зафиксировано во II, III, и IV томах Госплемкниг. Тем не менее, чистопородность карачаевских лошадей была сохранена. Зоотехническое название «карачаевская порода лошадей» было возвращено в 1989 году. В 1992 году в V том ГПК карачаевские лошади уже были записаны самостоятельным разделом, как и кабардинские. 2010 году вышел отдельный VI том лошадей карачаевской породы (Parphenov, Khotov, 2010). В то же время, до сих пор особенности генетической структуры карачаевской лошади остаются недостаточно исследованными. Для выяснения популяционно-генетических характеристик групп карачаевской лошади в настоящей работе выполнено полилокусное генотипирование (геномное сканирование) с использованием оценок полиморфизма участков геномной ДНК, фланкированных инвертированными повторами фрагментов микросателлитов (AG)₉C, (GA)₉C, (GAG)₆C группы карачаевской лошади хозяйства «Ахтамас» (Карачаево-Черкесская Республика).

2. Материалы и методы

В исследования включены образцы крови карачаевских лошадей ООО «Плем-Репродуктора «Ахтамас» (100 голов). ООО «Ахтамас» расположено в станице Сторожевой Зеленчукского района Карачаево-Черкесской Республики. В анализ вошли 47 кобыл и 6 жеребцов рождения 1998–2008 годов (53 головы), а также кобылки, рождения 2014 года (47 голов в возрасте 1 год). Статус племенного репродуктора с правом осуществления деятельности в области племенного животноводства и внесением в единый государственный Регистр племенных хозяйств России ООО «Ахтамас» получило в 2004 г.

Образцы крови получали из яремной вены животных, помещая в индивидуальные пробирки с предварительно добавленными калийными солями ЭДТА (Vacuette K3EDTA). После взятия проб крови их сохраняли на холоде (не замораживая). Из образцов крови геномную ДНК выделяли с помощью коммерческого набора реагентов «ДНК-Экстран-1» (Синтол, Россия) в соответствии с рекомендациями производителя. Процесс выделения включал лизис эритроцитов и ядер клеток, осаждение ДНК изопропанолом и промывку 70 % этанолом с окончательным растворением в бидистиллированной воде или буфере TE. После выделения определяли концентрацию ДНК в растворе с помощью спектрофотометра, количество ДНК составляло от 1,5 до 200 мкг при концентрациях от 15 до 2000 нг/мкл.

Все использованные праймеры были синтезированы по заказу фирмой Синтол, Россия. В качестве праймеров для полилокусного генотипирования по фрагментам ДНК, фланкированным инвертированными повторами микросателлитов (Inter-Simple Sequence

Repeats – ISSR-маркеры) применялись ди- и тринуклеотидные микросателлиты с якорными нуклеотидами – (AG)₉C, (GA)₉C и (GAG)₆C.

Полимеразную цепную реакцию проводили в объеме 20 мкл с использованием коммерческого набора реагентов ПЦР-РВ (Синтол, Россия) по методу (Zietkiewicz et al., 1994). Состав реакционной смеси: ДНК - 2 мкл (около 150 нг), дезоксинуклеозидтрифосфаты (2,5 мМ) – 2 мкл, 10-кратный ПЦР буфер – 2 мкл, MgCl₂ (25 мМ) – 2 мкл, Taq ДНК-полимераза с ингибирующими активностью фермента антителами (5 Е/мкл) – 0,2 мкл, праймер (10 пкмоль/реакцию) – 2 мкл, деионизированная вода – 10 мкл.

Аmplification выполнялась по следующей программе: первичная денатурация (t = 94 °С, 2 мин.); денатурация (t = 94 °С, 30 с.), отжиг (t = 55 °С, 30 с.), элонгация (t = 72 °С, 2 мин.) – 35 циклов; финальная элонгация (t = 72 °С, 10 мин.), ПЦР проводили на амплификаторе «Терцик» (ДНК-технологии, Россия). Продукты амплификации разделяли в горизонтальном 1,5 % агарозном геле в ТВЕ-буфере. Перед нанесением в гель ПЦР-продукт смешивали с красителем – бромфенолом в равных количествах. Напряжение источника тока во время электрофореза составляло 100 в, длительность разделения 80 мин. Окрашивание гелей проводили бромистым этидием концентрацией 0,5 мкг/мл. Фрагменты ДНК визуализировали в УФ свете при помощи трансиллюминатора УВТ-1 (Биоком, Россия) с использованием системы гель-документации VITRAN-PHOTO (Биоком, Россия). Размеры фрагментов ДНК определяли при помощи маркера молекулярных масс 100 bp+1.5 Kb+3 Kb (12 фрагментов от 100 до 3000 bp) M27 (СибЭнзим, Россия).

Для каждого спектра продуктов амплификации (ампликонов) строили матрицу, отражающую присутствие/отсутствие в нем конкретных ампликонов. Для обработки полученных данных использовались программы Microsoft Excel, TFPGA. Каждый ампликон спектра рассматривали как один локус ДНК. Полиморфизм такого локуса оценивали по наличию/отсутствию ампликона соответствующей длины в спектрах с использованием компьютерной программы TFPGA.

Расчет индекса PIC (Polymorphic Information Content) выполнялся по формуле для диаллельных локусов, для которых $PIC = 2f(1-f)$, где f – частота одного из двух аллелей. Поскольку используемые нами маркеры ISSR-PCR, имеют доминантный характер проявления по присутствию продукта амплификации, f рассчитывали по формуле: $f = R^{0.5}$, где R – частота встречаемости животных среди исследованных, у которых в спектрах продуктов амплификации отсутствовал фрагмент ДНК данной длины. Значение R рассматривалось как доля гомозигот по рецессивному аллелю.

3. Результаты и их обсуждение

В результате выполненных исследований, получены следующие данные. Спектры продуктов амплификации с использованием в качестве праймеров последовательностей (AG)₉C, (GA)₉C и (GAG)₆C существенно отличались друг от друга, как по количеству получаемых ампликонов, их длинам (в парах нуклеотидов), так и по их полиморфизму (таблица 1, рис. 1–3). Наиболее полиморфные спектры получены у исследованных групп лошадей при использовании в полимеразной цепной реакции последовательности (GA)₉C.

Суммарно по трём праймерам в спектрах амплификации было получено 43 четко воспроизводимых локуса, из которых 13 оказались полиморфными. Общая доля полиморфных локусов составила 30,2 %, усреднённое значение индекса PIC по трём праймерам составило 0,112 (таблица 1). На основании данных о распределении ампликонов по спектрам амплификации по методу Нея (Nei M., 1972) были определены генетические дистанции между исследуемыми лошадьми, а также между каждой отдельной особью и остальной частью выборки. Среднее значение генетической дистанции между образцами было 0,0683; среднее значение генетической идентичности между образцами – 0,9345.

Сравнивая полученные данные с результатами проведённых ранее исследований (Feofilov et al., 2011; Voronkova et al., 2011), можно обнаружить, что данная выборка лошадей карачаевской породы имеет выраженные особенности по составу спектров амплификации и полиморфизму полученных геномных участков. Можно утверждать, что исследованные лошади из ООО «Плем-Репродуктор «Ахтамас»» генетически исключительно высоко консолидированы, особенно для уровня локальной породы, но, тем не менее, сохраняют определённую степень гетерозиготности, что особенно важно для успеха дальнейшей

племенной работы и сохранения породы. В общем, в спектре продуктов амплификации праймера (AG)₉C было обнаружено 18 воспроизводимых локусов и только 4 из них были полиморфными (с длинами в 1360-1390 пар оснований – п.о., 1330-1350 п.о., 870-900 п.о., 720-750 п.о.). По праймеру (GA)₉C было выявлено 15 воспроизводимых локусов, полиморфными были 6 из них, с длинами в 1120-1170 п.о., 720-750 п.о., 630-640 п.о., 560-590 п.о., 530-550 п.о., 380-400 п.о. По праймеру (GAG)₆C наблюдали 10 воспроизводимых локусов, из них полиморфными были только 3 с длинами в 1060-1110 п.о., 1000-1050 п.о. и 950-980 п.о.

Таким образом, выполненный анализ свидетельствует о высокой эффективности использования ISSR-PCR маркеров для оценки консолидированности групп лошадей с использованием в качестве праймеров в полимеразной цепной реакции участков микросателлитов с коровым мотивом AG, GA и GAG.

На основании оценок полиморфизма продуктов амплификации, полученных с использованием в качестве праймеров фрагментов микросателлитных локусов, с применением программы TFPGA для ISSR-PCR маркеров построена дендрограмма, отражающая генетические взаимоотношения между исследованными представителями карачаевской лошади (рисунок). На этом рисунке видно, что в основном все животные формируют два отчетливо отличающихся кластера, не смотря на общую консолидированность исследованных животных.

Для того чтобы оценить источники наблюдаемых отличий, отдельно были рассмотрены генотипы животных, входящие в эти два разных кластера и сопоставлены друг с другом. Оказалось, что основные отличия между двумя группами животных в спектре праймера (AG)₉C наблюдаются в зоне «тяжелых» фрагментов с длинами в 1360–1390 п.о. и 1330–1350 п.о., в спектре праймера (GA)₉C – с длинами в 1120–1170 п.о. и 630–640 п.о., в спектре праймера (GAG)₆C – по фрагменту длиной в 1060–1110 п.о. То есть, отличия между двумя группами лошадей, сформировавших два отдельных кластера на дендрограммах, наблюдались только по 5-ти фрагментам ДНК из 43-х. В кластер, условно обозначенный как первая группа, входило 49 животных (из них 2 жеребца), во второй – 35 животных (из них 4 жеребца).

Как отмечалось в разделе «Материалы и методы», в исследованную группу животных входили кобылы рождения 1998–2008 годов (47 голов), а также кобылки, рождения 2014 года (47 голов). Внутри каждой возрастной группы животные отличались еще и по масти – вороной или гнедой. Распределения по мастям в каждой возрастной группе кобыл и кобылок, входящей на дендрограмме в первый (47 голов) и второй (31 голова) кластеры, представлены в [таблице 2](#).

Судя по распределению животных, представленного в [таблице 1](#), «старые» кобылы примерно в равном количестве входят в оба кластера, в то время как кобылки входят почти в два раза чаще в кластер № 1 (25 голов) по сравнению с кластером № 2 (14 голов). Отличаются кобылки и преимущественной представленностью животных гнедой масти. Учитывая то, что из 6-ти жеребцов 4-и по результатам генотипирования попадают во второй кластер (№№ 60, 68, 72 и 85) и только 2 в первый кластер (№№ 83 и 84), можно ожидать, что именно их разный вклад в воспроизводство кобылок повлиял на их дифференциацию на две группы по результатам генотипирования, и что жеребцы первого кластера внесли в воспроизводство кобылок относительно больший вклад. Это предположение поддерживается еще и тем, что во втором кластере у кобылок наблюдается отчетливое преимущество гнедой масти, не смотря на то, что все 4 жеребца, входящие во второй кластер, были вороной масти, а жеребцы № 83 и № 84 – гнедой.

4. Заключение

Полученные результаты показывают высокую консолидированность лошадей карачаевской породы по 43 локусам ISSR-PCR маркеров. Это позволяет предположить разный вклад в воспроизводство кобылок жеребцов, отличающихся по некоторым генотипам в спектрах этих маркеров.

Литература

FAO, 2007 – The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture (2007). Edited by Barbara Rischkowsky & Dafydd Pilling. Rome, 540 p.

Feofilov et al., 2011 – Feofilov A.V., Bardukov N.V., Glazko V.I. (2011). Gene pool differentiation between Altaic and trotting horse breeds inferred from ISSR-PCR marker data. // *Genetika*, V. 47, No 9, pp.1230–1235

Hendrickson S.L., 2013 – Hendrickson S.L. (2013). A genome wide study of genetic adaptation to high altitude in feral Andean horses of the paramo. *BMC // Evol Biol.*, V.13, 273. DOI: 10.1186/1471-2148-13-273.

Kalinitchenko et al., 2014 – Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. (2014). Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities. // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015

Kalinitchenko et al., 2016 – Kalinitchenko V., A. Batukaev, A. Zarmaev, V. Startsev, V. Chernenko, Z. Dikaev, S. Sushkova (2016). Biogeosystem technique as the way to certainty of soil, hydrosphere, environment and climate. // *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 18, EGU General Assembly, Vienna, EGU2016-3419

Khrabrova, 2011 – Khrabrova L. A. (2011). Theoretical and practical aspects of genetic monitoring in breeding – Thesis of diss. Agricultural Sciences, Divovo, Government of all-Russian Research Institute of Horse Breeding of Russian Agrarian Academy, 26 p

Nei M., 1972 – Nei M. (1972). Genetic distance between populations. // *Amer. Naturalist*, V. 106, No 949, pp. 283–2927

Parphenov, Khotov, 2010 – Parphenov V. A., Khotov V. H. (2010). State Studbook horses of Karachai breed. Ministry of Agriculture of Russian Federation, Moscow, Russian State Agrarian University – MTAА, V. 6.

Voronkova et al., 2011 – Voronkova V. N., Tsendsuren Tsedev, Sulimova G. E. (2011). Comparative Analysis of the Informativeness of ISSR Markers for Estimating Genetic Diversity of Horse Breeds. // *Genetika*, V. 47, № 8, pp. 1131–1134

Zaitseva, 2010 – Zaitseva M. A. (2010). Breed specific features of microsatellite allele DNA of horses stud and local breeds – Thesis of diss. Agricultural Sciences, Divovo, Government of all-Russian Research Institute of Horse Breeding of Russian Agrarian Academy, 24 p

Zietkiewicz et al., 1994 – Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. (1994). Genome fingerprinting by sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification // *Genomics*, V. 20, pp. 176–183

References

FAO, 2007 – The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture (2007). Edited by Barbara Rischkowsky & Dafydd Pilling. Rome, 540 p.

Feofilov et al., 2011 – Feofilov A.V., Bardukov N.V., Glazko V.I. (2011). Gene pool differentiation between Altaic and trotting horse breeds inferred from ISSR-PCR marker data. *Genetika*, V. 47, No 9, pp. 1230–1235

Hendrickson S.L., 2013 – Hendrickson S.L. (2013). A genome wide study of genetic adaptation to high altitude in feral Andean horses of the paramo. *BMC Evol Biol.*, V.13, 273. DOI: 10.1186/1471-2148-13-273.

Kalinitchenko et al., 2014 – Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. (2014). Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities. *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015

Kalinitchenko et al., 2016 – Kalinitchenko V., A. Batukaev, A. Zarmaev, V. Startsev, V. Chernenko, Z. Dikaev, S. Sushkova (2016). Biogeosystem technique as the way to certainty of soil, hydrosphere, environment and climate. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 18, EGU General Assembly, Vienna, EGU2016-3419

[Khrabrova, 2011](#) – *Khrabrova L. A.* (2011). Theoretical and practical aspects of genetic monitoring in breeding – Thesis of diss. Agricultural Sciences, Divovo, Government of all-Russian Research Institute of Horse Breeding of Russian Agrarian Academy, 26 p

[Nei M., 1972](#) – *Nei M.* (1972). Genetic distance between populations. *Amer. Naturalist*, V. 106, No 949, pp. 283–2927

[Parphenov, Khotov, 2010](#) – *Parphenov V. A., Khotov V. H.* (2010). State Studbook horses of Karachai breed. Ministry of Agriculture of Russian Federation, Moscow, Russian State Agrarian University – МТАА, V. 6.

[Voronkova et al., 2011](#) – *Voronkova V. N., Tsendsuren Tsedev, Sulimova G. E.* (2011). Comparative Analysis of the Informativeness of ISSR Markers for Estimating Genetic Diversity of Horse Breeds. *Genetika*, V. 47, № 8, pp. 1131–1134

[Zaitseva, 2010](#) – *Zaitseva M. A.* (2010). Breed specific features of microsatellite allele DNA of horses stud and local breeds – Thesis of diss. Agricultural Sciences, Divovo, Government of all-Russian Research Institute of Horse Breeding of Russian Agrarian Academy, 24 p

[Zietkiewicz et al., 1994](#) – *Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D.* (1994). Genome fingerprinting by sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification Genomics, V. 20, pp. 176–183

Таблица 1. Основные параметры спектров продуктов амплификации (ISSR-PCR маркеры), полученных на геномной ДНК карачаевских лошадей (100 голов) хозяйства «Ахтамас».

Праймер	(AG) ₉ C	(GA) ₉ C	(GAG) ₆ C	В сумме по трём праймерам
Количество локусов в спектре продуктов амплификации	18	15	10	43
Границы длин анализируемых локусов, п.о.	380-1490	380-1550	380-1350	380-1550
Полиморфное информационное содержание (PIC)	0,092	0,133	0,118	0,112
Доля полиморфных локусов (P, %)	22,2	40,0	30,0	30,2

Таблица 2. Распределение по возрастным группам и по мастям лошадей, входящих на дендограмме в условно обозначенный кластер №1 и кластер №2.

«Старые» кобылы				Годовалые кобылки			
Кластер №1		Кластер №2		Кластер №1		Кластер №2	
22		17		25		14	
гнедые	вороные	гнедые	вороные	гнедые	вороные	гнедые	вороные
13	9	10	7	16	9	11	3

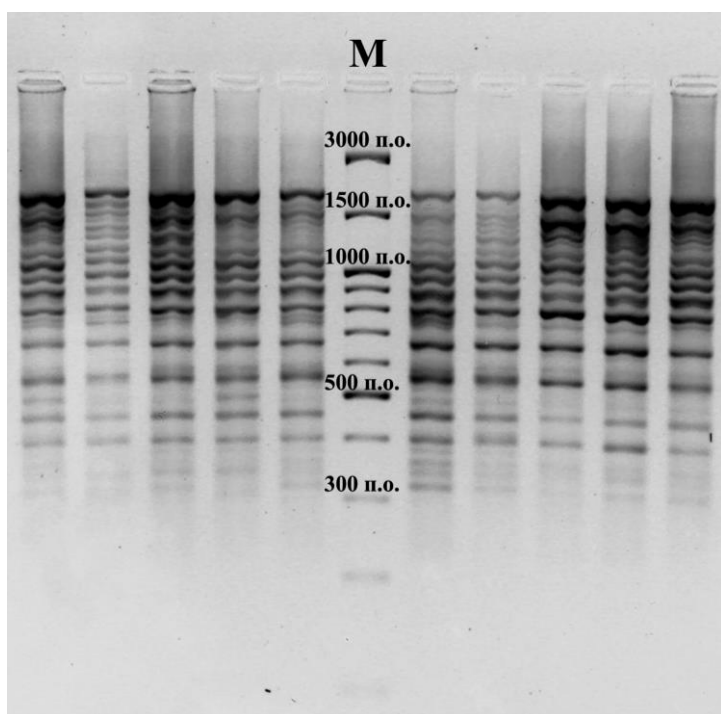


Рис. 1. Пример спектра амплификации праймера $(AG)_9C$ у лошадей карачаевской породы ООО «Плем-Репродуктор Ахтамас».
М – маркер молекулярных масс

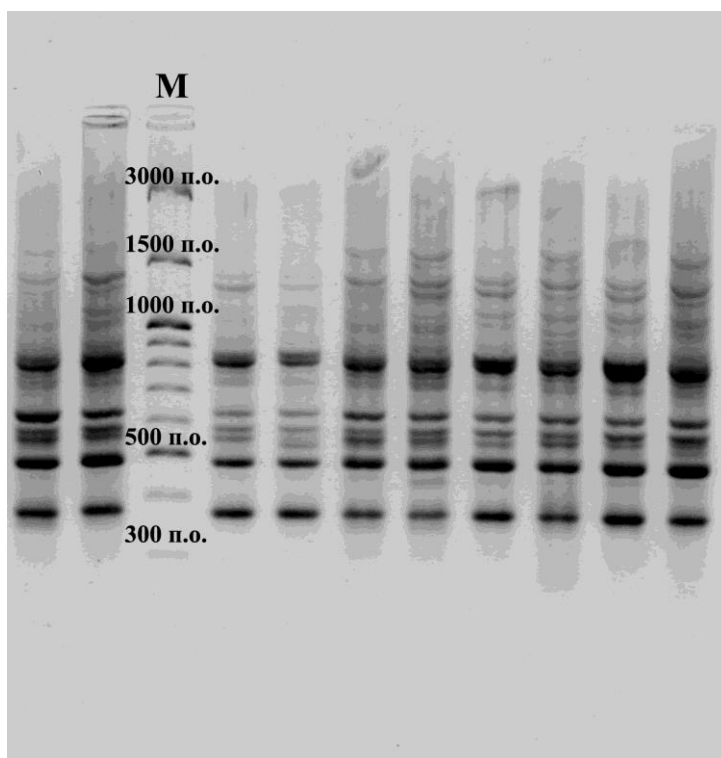


Рис. 2. Пример спектра амплификации праймера $(GA)_9C$ у лошадей карачаевской породы ООО «Плем-Репродуктор Ахтамас».
М – маркер молекулярных масс

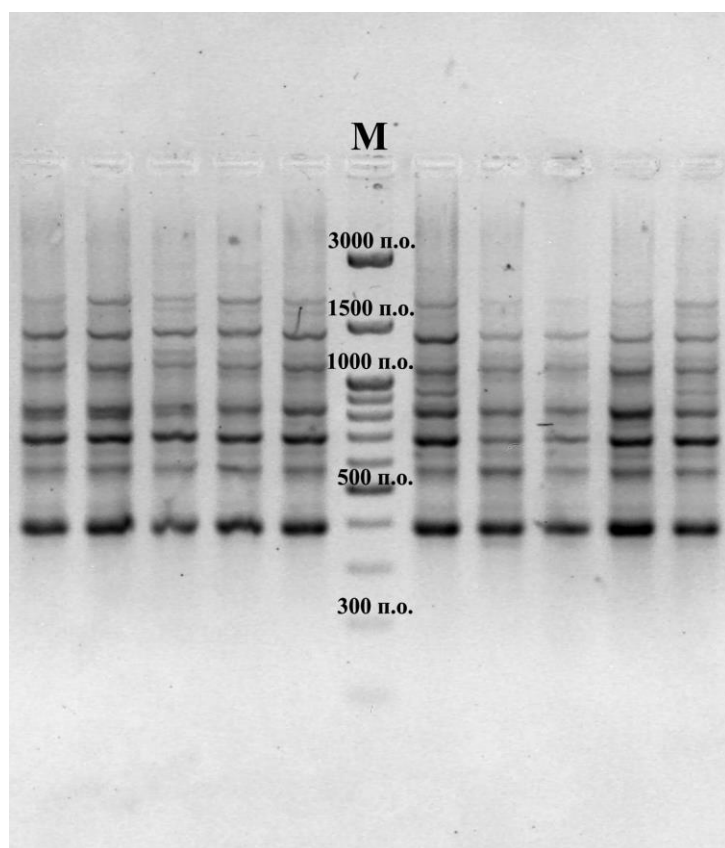


Рис. 3. Пример спектра амплификации праймера $(GAG)_6C$ у лошадей карачаевской породы ООО «Плем-Репродуктор Ахтамас». М – маркер молекулярных масс.

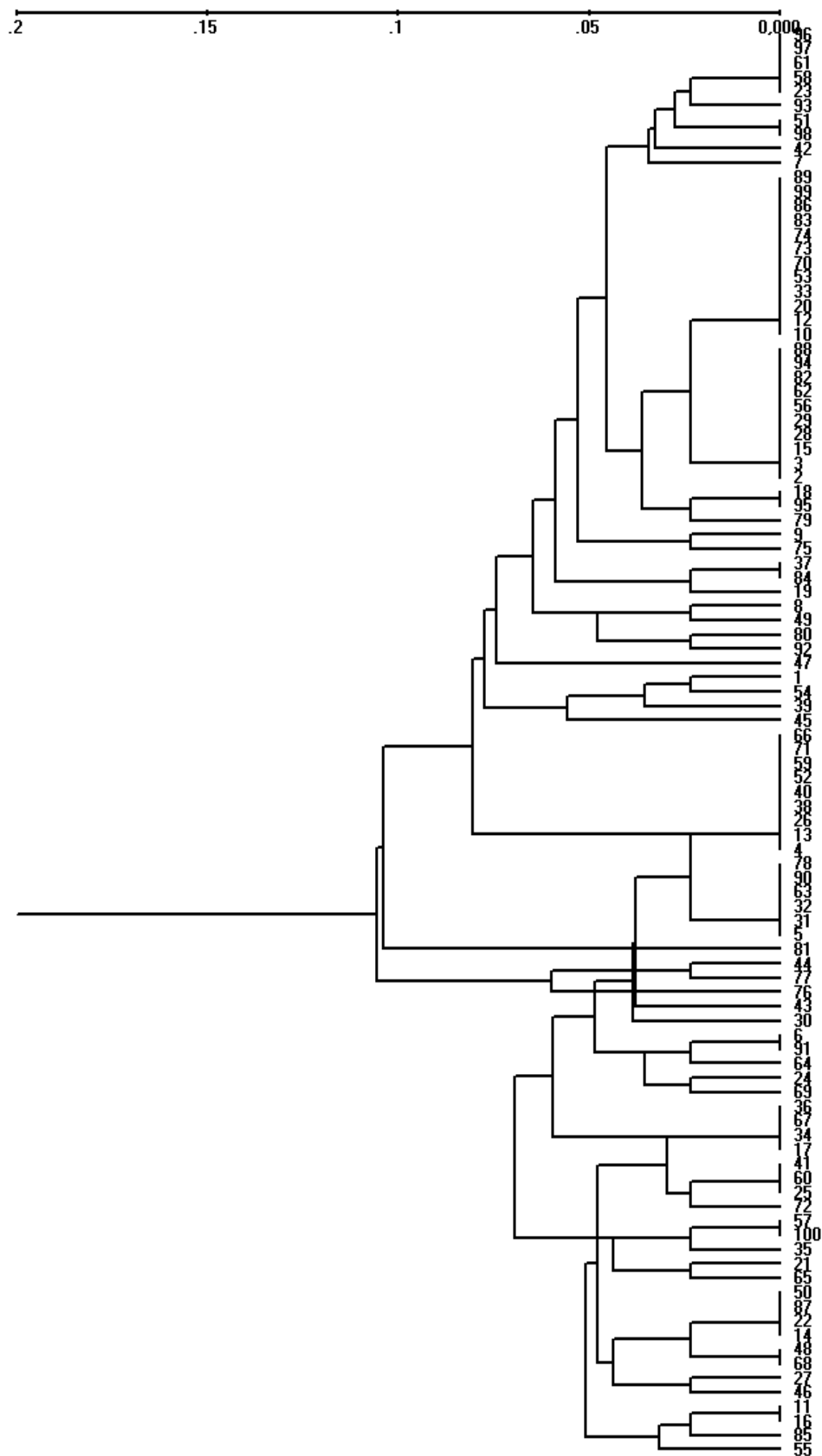


Рис. 4. Дендрограмма генетических взаимоотношений между «старыми» кобылами», годовальными кобылками и 6-тью жеребцами карачаевской породы ООО «Плем-Репродуктор Ахтамас», построенная на основании оценок полиморфизма 43 локусов ISSR-PCR.

УДК 539.1.047:575.224

Генетическая структура Карачаевской лошади по ISSR-PCR маркерамВалерий И. Глазко ^{a, b, *}, Тимур А., Эркенов ^a, Глазко Т.Т. ^{a, b}, Хызыр М. Джатоев ^c^a РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация^b Центр экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий, Российская Федерация^c Минсельхоз Карачаево-Черкесской республики, Российская Федерация

Аннотация. Сокращение биоразнообразия, необратимое исчезновение генофондов местных отечественных пород, высоко адаптированных к локальным агроэкосистемам, требует развития методов выявления уникальных особенностей отечественных генетических ресурсов сельскохозяйственных животных. В этой связи в настоящей работе выполнены исследования генофонда представителей отечественной карачаевской породы лошадей, отличающейся адаптированностью к условиям горной гипоксии. Выполнен анализ генотипов 43 локусов у 47 кобыл, 47 годовалых кобылок и 6-ти жеребцов с использованием методов генотипирования продуктов амплификации фрагментов геномной ДНК лошадей, фланкированных инвертированными повторами участков микросателлитных локусов (AG)₉C, (GA)₉C и (GAG)₆C с использованием полимеразной цепной реакции (Inter-Simple Sequence Repeats – ISSR-PCR маркеры). Получены данные, свидетельствующие о высокой степени консолидированности исследованной группы животных, обнаружено, что в среднем индекс генетической идентичности между животными равен 0,9345. Относительно повышенным полиморфизмом отличались спектры продуктов амплификации, полученные с использованием в качестве праймера последовательности (GA)₉C. Во всех спектрах, суммарно, только 13 локусов из 43-х были полиморфными и только 5 из них оказались вовлеченными в подразделенность исследованных животных по генетическим расстояниям на два кластера. Учитывая генотипы жеребцов можно ожидать, что дифференциация между годовалыми кобылками обусловлена их разным вкладом жеребцов в формирование их генофондов.

Ключевые слова: карачаевская порода лошадей, спектры продуктов амплификации, генетическая дифференциация, ISSR-PCR маркеры, консолидированность.

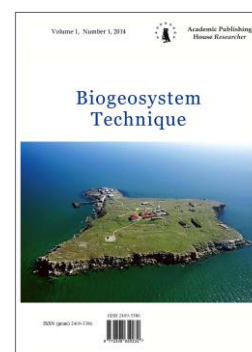
* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: vigvalery@gmail.com (В.И. Глазко)

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
E-ISSN: 2413-7316
Vol. 9, Is. 3, pp. 205-217, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.9.205
www.ejournal19.com



UDC 631.46; 57.044

Change of the Dehydrogenase Activity in Soils of Caucasus Black Sea Coast at Pollution of Heavy Metals and Oil

Sergei I. Kolesnikov ^{a, *}, Anna A. Kuzina ^a, Kamil Sh. Kazeev ^a, Natal'ya A. Vernigorova ^a, Natal'ya A. Evstegneeva ^a

^a Southern Federal University, Russian Federation

Abstract

At the present time soils are exposed to increasing anthropogenic impact. The construction of new resorts, roads, pipelines – all of which can increase the soil pollution with heavy metals and oil. One of the most sensitive and informative indicators of the ecological condition of soils is the determination of the activity of the dehydrogenase. As a result, modeling studies found that pollution of chromium, copper, nickel, lead and oil reduces the dehydrogenase activity in all major soils of the Black Sea coast of the Caucasus: southern chernozem, brown typical, brown leached, brown carbonate, brown forest acidic, brown forest acid podzolized, sod-carbonate typical, sod-carbonate leached soils, zheltozem. As a rule, for all investigated heavy metals and oil was a direct relationship between the content in the soil contaminant and the degree of reduction of the biological indicator. The results indicate that the most significant negative impact has chrome. In terms of the negative impact of the change dehydrogenase activity in the studied soils Black Sea coast heavy metal oxides to form the following generalized sequence: $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$. A comparative evaluation of the stability of the dehydrogenase activity to contamination with heavy metals and oil for the main soils of the Black Sea coast of the Caucasus. Heavy metal pollution is least affected dehydrogenase activity typical sod-carbonate soils. For oil pollution on a particular indicator were more stable brown soil Resistance to the chemical contamination of soil depends on the nature and concentrations of pollutants in the soil, as well as the genetic properties of the soil itself.

Keywords: chrome, nickel, lead, copper, oil, dehydrogenase, stability, pollution.

1. Введение

Несмотря на попытки природоохранных мероприятий, внедрение различные экологических программ, создание охраняемых территорий, усилий ликвидировать прошлый экологический ущерб и т.п., уже около 60 % экосистем нашей планеты нарушено (Reid et al., 2005), истощаются ресурсы, а многие почвы находятся в состоянии деградации в виде урбанизированных, промышленных территориальных комплексов или пустынь (Kalinitchenko, 2016a). Для преодоления деградации земель, создания технологий биogeосистемотехники (Glazko, Sister, 2016) следует иметь адекватные решению задачи

* Corresponding author
E-mail addresses: kolesnikov@sfedu.ru (S. I. Kolesnikov)

конструирования почв (Шоба и др., 2015; Глинушкин и др., 2016), рециклинга отходов (Teaf et al., 2010; Калиниченко, 2016), качества (Pardo et al., 2014), устойчивости и определенности биосферы (Batukaev et al., 2016; Kalinitchenko, 2016b) сведения о свойствах почв в различных условиях антропогенного воздействия.

В Российской Федерации на территории Черноморского побережья Кавказа встречаются редкие, представляющие научный интерес почвы: желтоземы влажных субтропиков, коричневые почвы сухих субтропиков, черноземы южные (каштановые) Тамани. В настоящее время перечисленные почвы подвергаются все большему антропогенному воздействию. А строительство новых курортов, автомобильных дорог, нефтепроводов могут усилить загрязнение этих почв тяжелыми металлами (ТМ) и нефтью. Считается, что загрязнение ТМ (Minnikova et al., 2016) и нефтью (Smirnova, Breus, 2013; Yakovleva, Beznosikov et al., 2012) относятся к наиболее опасной категории загрязняющих веществ и является важной гео-экологической проблемой (Urazmetov, Smirnova, 2014).

В силу значительных отличий эколого-генетических свойств исследуемых почв, таких как количество гумуса, интенсивность биологических процессов, реакция среды, поглотительная способность и др. (Вальков и др., 2008), почвы Черноморского побережья Кавказа существенно разнятся между собой по устойчивости к антропогенному воздействию.

Одним из важных параметров экологического состояния почв является определение ферментативной активности (Kotrocó et al., 2014; Karaca, 2010; Колесников и др., 2000; Mganga et al., 2015). Этот показатель все чаще применяют для диагностики качества почв (Paz-Ferreiro et al., 2011; Vasconcellos et al., 2013). Актуальность использования данного показателя в качестве диагностического параметра при нефтяном загрязнении подтверждают и последние исследования (Сулейманов, 2005). Применению ферментативной активности в качестве диагностического показателя биологического состояния почв способствуют низкая ошибка опытов 5-8 %, хорошая устойчивость ферментов к длительному хранению почвенных образцов (Галстян, 1982; Даденко и др., 2003).

Цель настоящей работы — исследовать изменение активности дегидрогеназы в основных типах и подтипах почв Черноморского побережья Кавказа при загрязнении тяжелыми металлами и нефтью.

2. Материалы и методы

В качестве объектов исследования были использованы все основные почвы Черноморского побережья Кавказа: чернозем южный, коричневая выщелоченная, коричневая типичная, коричневая карбонатная, бурая лесная кислая, бурая лесная кислая оподзоленная, дерново-карбонатная типичная, дерново-карбонатная выщелоченная, желтозем (рис. 1, табл. 1).

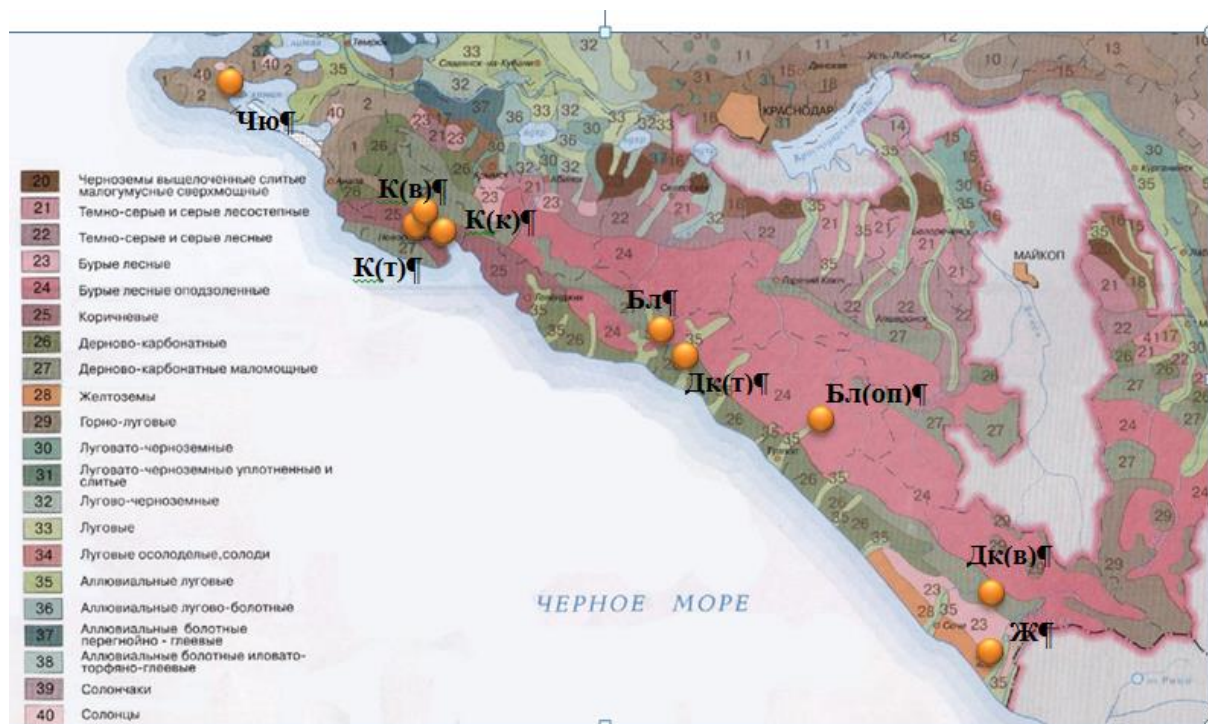


Рис. 1. Места отбора почв Черноморского побережья Кавказа для модельных опытов на почвенной картосхеме.

Условные обозначения: Чю – чернозем южный, К(т) – коричневая типичная, К(в) – коричневая выщелоченная, К(к) – коричневая карбонатная, Бл – бурая лесная кислая, Бл(оп) – бурая лесная кислая оподзоленная, Дк(т) – дерново-карбонатная типичная, Дк(в) – дерново-карбонатная выщелоченная, Ж – желтозем

Образцы почв для лабораторного моделирования загрязнения были отобраны в слое 0–10 см, где накапливается основное количество загрязняющих веществ.

В качестве ТМ были выбраны *Cr*, *Cu*, *Ni*, *Pb*, поскольку именно ими в значительной степени загрязнены почвы на юге России (Алексеев и др., 2012). Кроме того, эти ТМ интересны для сравнения – их предельно допустимые концентрации (ПДК) составляют 100 мг/кг почвы (Касьяненко, 1992). Использовали значения ПДК, разработанные в Германии. Во-первых, потому, что ПДК в почве общего (валового) содержания меди и никеля в России отсутствуют. Во-вторых, «российская» ПДК свинца зачастую не может быть использована, так как меньше содержания этого элемента во многих почвах (Колесников и др., 2000).

ПДК в почве нефти также не разработана (Околелова и др., 2015), поэтому ее содержание в почве выражали в процентах. Нефть вносили в концентрации 1, 5, 10 % от массы почвы. Установлено, что попадание в почву минеральных и органических компонентов нефти вызывает значительные изменения свойств самих почв и условий произрастания растений. А геохимическая трансформация почв при нефтяном загрязнении приводит к деградационным процессам и потере почвенного плодородия (Околелова и др., 2016).

ТМ в почву вносили в форме оксидов: CrO_3 , CuO , NiO , PbO . Их существенная доля поступает в почву именно в этой форме (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Применение оксидов ТМ исключает воздействие на показатели почвы сопутствующих анионов, как это бывает при внесении солей металлов.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20–22 °С) и оптимальном увлажнении (60 % полной влагоемкости) в трехкратной повторности.

Количество гумуса определяли в незагрязненных образцах по методике Тюриня со спектрофотометрическим окончанием (Орлов, Гришина, 1981).

Таблица 1. Места отбора почв Черноморского побережья Кавказа и их эколого-генетические характеристики

Почва	Место отбора	Координаты	Содержание гумуса, %	pH	Гранулометрический состав
Чернозем южный	Темрюкский район, г. Тамань	45°10'51.73"N 36°41'30.47"E	3,2	7,7	Тяжелосуглинистый
Коричневая типичная	Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»	44°46.764 E. 37°31.702 N	9,3	7,2	Тяжелосуглинистый
Коричневая карбонатная	Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»	44°47.139 E 37°24.971 N	15,0	7,0	Среднесуглинистый
Коричневая выщелоченная	Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»	44°45.880 E 37°26.958 N	6,8	7,1	Тяжелосуглинистый
Бурая лесная кислая	Туапсинский р-н, с. Горское	44°23.342' N 038°43.894' E	1,3	4,4	Тяжелосуглинистый
Бурая лесная кислая оподзоленная	г. Сочи, Лазаревский р-н, Сочинский национальный парк	43°52.048' N 039°24.214' E	1,7	4,1	Легкосуглинистый
Дерново-карбонатная типичная	Туапсинский р-н, п. Джубга	44°19.624' N 038°41.636' E	5,4	7,5	Тяжелосуглинистый
Дерново-карбонатная выщелоченная	г. Сочи, Хостинский р-н, Кавказский заповедник, Тисосамшитовая роща	43°31.683' N 39°52.412' E	4,8	6,9	Тяжелосуглинистый
Желтозем	г. Сочи, Адлерский р-н	43°27.445' N 039°56.952' E	3,2	5,2	Тяжелосуглинистый

pH почв определяли в контрольных вариантах потенциометрическим методом ([Практикум по почвоведению, 1986](#)).

Активность дегидрогеназы определяли методом Галстяна в модификации Хазиева ([Казеев и др., 2003](#)) через 30 суток после загрязнения. Установлено, что этот срок является наиболее информативным для оценки химического воздействия на почву ([Колесников и др., 2006](#)).

3. Результаты и обсуждения

В результате проведенных модельных опытов установлено, что загрязнение почв ТМ и нефтью, как правило, снижает активность дегидрогеназы почв Черноморского побережья Кавказа ([табл. 2](#)).

ТМ связываются с сульфгидрильными группами молекулы дегидрогеназы, тем самым нарушая ее ферментные свойства. Нефть обволакивает почвенные частицы, ограничивает доступ воздуха и блокирует работу окислительно-восстановительного фермента.

По степени негативного влияния на активность дегидрогеназы почв Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий ряд: $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$.

Поскольку ПДК всех четырех исследованных ТМ одинаково — 100 мг/кг — возможно корректное сравнение их токсического действия по отношению к исследованным биологическим показателям. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное негативное воздействие оказал хром. Свинец, медь и никель проявили меньшее по силе воздействие.

Таблица 2. Влияния химического загрязнения на активность дегидрогеназы в почвах Черноморского побережья Кавказа

Элемент	Доза загрязняющего вещества				
	Контроль	1 ПДК (1%)	10 ПДК (5%)	100 ПДК (10%)	НСР ₀₅
Чернозем южный					
Cr	16,5	12,8	10,2	3,2	1,4
Cu	16,5	13,7	12,6	7,3	1,7
Ni	16,5	16,5	12,2	8,3	1,8
Pb	16,5	15,8	10,6	6,9	1,7
Нефть	16,5	14,2	11,4	6,8	0,8
НСР ₀₅		1,4	1,1	0,9	
Коричневая типичная					
Cr	9,0	7,5	3,6	2,9	4,2
Cu	9,0	8,8	6,4	3,3	2,5
Ni	9,0	8,9	7,3	3,9	2,9
Pb	9,0	8,7	7,1	4,5	1,0
Нефть	9,0	9,3	8,6	5,4	4,1
НСР ₀₅		1,0	1,0	0,8	
Коричневая выщелоченная					
Cr	7,3	6,6	3,8	2,5	0,7
Cu	7,3	6,8	6,1	2,7	0,8
Ni	7,3	6,5	5,6	1,7	0,7
Pb	7,3	6,2	5,1	5,1	0,8
Нефть	7,3	6,7	5,3	3,4	0,8
НСР ₀₅		0,9	0,7	0,5	
Коричневая карбонатная					
Cr	8,7	8,5	4,6	1,3	1,4
Cu	8,7	8,4	5,2	2,2	0,8
Ni	8,7	9,1	6,1	4,2	0,7
Pb	8,7	8,8	7,5	3,4	1,0
Нефть	8,7	8,9	6,6	5,3	1,0
НСР ₀₅		1,0	0,9	0,7	
Бурая лесная кислая					
Cr	5,0	2,7	2,2	1,2	0,7
Cu	5,0	2,7	2,5	1,4	0,4
Ni	5,0	2,8	2,2	1,9	0,3
Pb	5,0	3,1	2,6	1,1	0,4
Нефть	5,0	2,4	1,6	1,4	0,4
НСР ₀₅		0,3	0,3	0,2	
Бурая лесная кислая оподзоленная					
Cr	3,7	1,5	1,4	1,2	0,5
Cu	3,7	2,0	1,5	1,3	0,3
Ni	3,7	2,0	1,5	1,5	0,2
Pb	3,7	2,6	2,5	1,4	0,3
Нефть	3,7	1,9	0,7	0,7	0,2
НСР ₀₅		0,2	0,2	0,2	
Дерново-карбонатная типичная					
Cr	6,3	6,3	4,7	2,1	1,1
Cu	6,3	5,8	4,5	2,9	0,7
Ni	6,3	7,1	4,5	3,5	0,6
Pb	6,3	6,8	5,4	3,9	0,8
Нефть	6,3	4,8	4,3	3,8	0,6
НСР ₀₅		0,7	0,6	0,6	
Дерново-карбонатная выщелоченная					
Cr	6,9	4,4	2,4	2,0	0,9
Cu	6,9	7,1	3,9	2,3	0,7
Ni	6,9	5,9	5,2	4,2	0,6
Pb	6,9	6,1	5,1	4,9	0,8
Нефть	6,9	7,6	4,3	2,6	0,7
НСР ₀₅		0,8	0,7	0,6	
Желтозем					
Cr	14,5	12,6	8,3	5,8	2,4
Cu	14,5	13,1	9,1	7,4	1,5
Ni	14,5	13,7	11,5	6,6	1,2
Pb	14,5	12,3	10,3	7,5	1,5
Нефть	14,5	13,1	6,1	4,1	1,3
НСР ₀₅		1,5	1,3	1,0	

Как правило, для всех исследованных ТМ и нефти наблюдалась прямая зависимость между содержанием в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей.

Подобные закономерности наблюдались в исследованиях с другими почвами юга России: черноземами, каштановыми, бурыми и серыми лесными, бурыми полупустынными, субальпийскими, песчаными и др. (Kolesnikov et al., 2009-2011, 2013a,b, 2014).

В результате сравнительной оценки, был получен ряд почв Черноморского побережья Кавказа (рис. 2) по степени устойчивости активности дегидрогеназы к загрязнению тяжелыми металлами (почвы расположены по мере снижения их устойчивости): дерново-карбонатная типичная (82) > коричневая типичная (76) = желтозем (76) ≥ коричневая выщелоченная (75) = коричневая карбонатная (75) ≥ чернозем южный (74) ≥ дерново-карбонатная выщелоченная (73) > бурая лесная кислая (59) ≥ бурая лесная кислая оподзоленная (58).

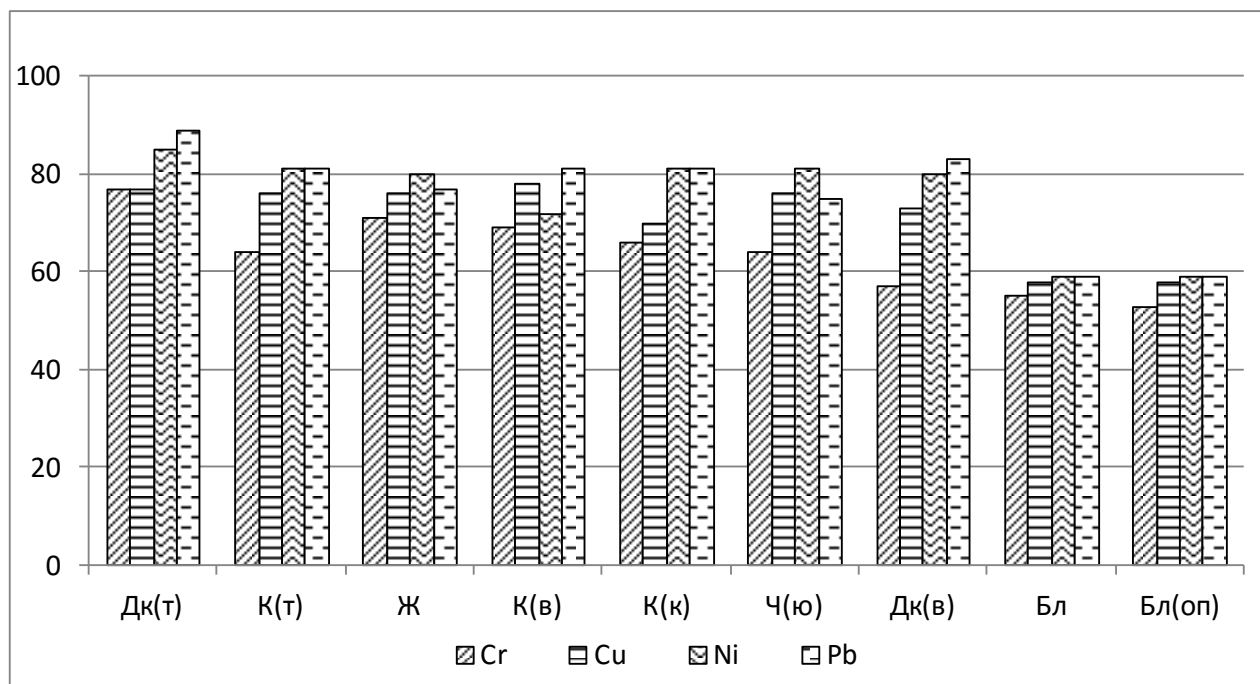


Рис. 2. Устойчивость активности дегидрогеназы основных почв Черноморского побережья Кавказа к загрязнению ТМ, % от контроля. Условные обозначения согласно рис. 1.

По степени снижения активности дегидрогеназы после загрязнения нефтью (в среднем) почвы Черноморского побережья Кавказа образуют следующую последовательность (рис. 3): коричневая типичная (90) > коричневая карбонатная (85) > коричневая выщелоченная (78) ≥ дерново-карбонатная выщелоченная (77) ≥ дерново-карбонатная типичная (76) ≥ чернозем южный (74) > желтозем (65) > бурая лесная кислая (52) > бурая лесная кислая оподзоленная (46).

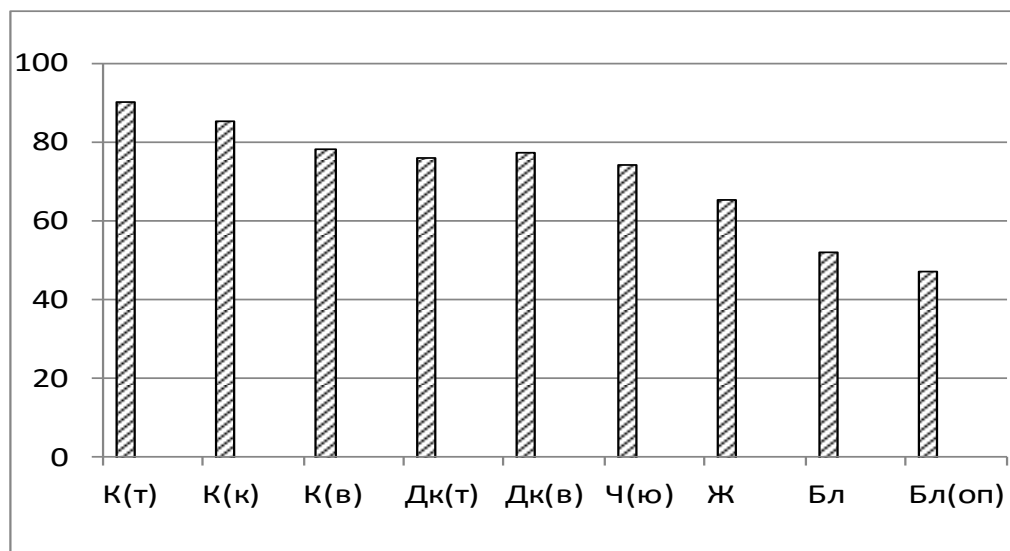


Рис. 3. Устойчивость активности дегидрогеназы основных почв Черноморского побережья Кавказа к загрязнению нефтью, % от контроля. Условные обозначения согласно рис. 1.

Полученная последовательность устойчивости почв определяется их генетическими свойствами, в частности, щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными свойствами, гранулометрическим составом, содержанием органического вещества, биологической активностью. Так, загрязнение ТМ менее всего повлияло на активность дегидрогеназы дерново-карбонатной типичной почвы. Эта почва отличается тяжелым гранулометрическим составом, слабощелочной реакцией среды. Тяжелый гранулометрический состав определяют высокую емкость поглощения. Слабощелочная среда способствует закреплению катионообразующих металлов.

К загрязнению нефтью по определяемому показателю более устойчивыми оказались коричневые почвы, что объясняется и относительно высокой биологической активностью и хорошими окислительными условиями, способствующими разложению нефти.

4. Заключение

Согласно выполненным исследованиям, загрязнение почв Черноморского побережья Кавказа нефтью, хромом, никелем, свинцом и медью существенно снижает активность дегидрогеназы. В большинстве случаев наблюдается прямая зависимость между содержанием загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемого показателя почвы. По степени негативного влияния на изменение активности дегидрогеназы в исследуемых почвах Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий обобщенный ряд: $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$. По степени снижения устойчивости активности дегидрогеназы к загрязнению ТМ почвы Черноморского побережья образуют следующий ряд дерново-карбонатная типичная > коричневая типичная = желтозем \geq коричневая выщелоченная = коричневая карбонатная \geq чернозем южный \geq дерново-карбонатная выщелоченная > бурая лесная кислая \geq бурая лесная кислая оподзоленная. По степени снижения активности дегидрогеназы после загрязнения нефтью (в среднем) почвы Черноморского побережья Кавказа образуют следующую последовательность: коричневая типичная > коричневая карбонатная > коричневая выщелоченная \geq дерново-карбонатная выщелоченная \geq дерново-карбонатная типичная \geq чернозем южный > желтозем > бурая лесная кислая > бурая лесная кислая оподзоленная. Устойчивость почв к химическому загрязнению зависит от природы загрязнителей и их концентрации в почве, а также генетических свойств самих почв.

5. Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.345.2014/К) и государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-9072.2016.11).

Литература

Алексенко и др., 2012 – Алексенко В.А., Суворинов А.В., Власова Е.В. (2012). Металлы в окружающей среде. Прибрежные аквальные ландшафты Черноморского побережья России. М.: ФГБНУ НИИ ПМТ, 360 с.

Вальков и др., 2008 – Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. (2008). Почвы юга России. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 276 с.

Галстян, 1982 – Галстян А.Ш. (1982). Об устойчивости ферментов почв // *Почвоведение*, № 4, С. 108–110.

Глинушкин и др., 2016 – Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. (2016). **Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве**, М.: «Издательство Агрорус», 288 с.

Даденко, Казеев, 2003 – Даденко Е.В., Казеев К.Ш. (2003). Геостатистический анализ ферментативной активности чернозема «Персиановской степи» Экология и биология почв юга России. Вып. 2. Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, С. 87–90.

Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989 – Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. (1989). Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 439 с.

Казеев и др., 2003 – Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. (2003). Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 204 с.

Калиниченко В.П., 2016 – Калиниченко В.П. (2016). Эффективное использование фосфогипса в земледелии // *Вестник Международного института питания растений*, №3.

Касьяненко, 1992 – Касьяненко А.А. (1992). Контроль качества окружающей среды. М.: Изд-во РУДН, 136 с.

Колесников и др., 2000 – Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. (2000). Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 232 с.

Колесников и др., 2006 – Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. (2006). Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного // *Почвоведение*. № 5. С. 616–620.

Околелова и др., 2015 – Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С. Кастерина Н.Г. (2015). Особенности накопления и трансформации нефтепродуктов в почвах. Волгоград. ВГАУ. 104 с.

Околелова и др., 2016 – Околелова А.А., Кастерина Н.Г., Егорова Г.С., Заикина В.Н. (2016). Особенности трансформации нефтепродуктов в почвах // *Научные ведомости Белгородского ун-та. Естественные науки*. № 18 (239). вып. 36. с. 151-159.

Орлов, Гришина, 1981 – Орлов Д.С., Гришина Л.А. (1981). Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.

Практикум по почвоведению, 1986 – Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. 4-е издание; перераб. доп. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.

Сулейманов, 2005 – Сулейманов Р.Р. (2005). Изменение свойств почв в результате загрязнения высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами на территории Туймазинского месторождения нефти (Республика Башкортостан) // *Известия РАН, Сер. Биологическая*, № 5, С. 613–620.

Шоба и др., 2015 – Шоба С.А., Смагин А.В., Садовникова Н.Б. Методологические аспекты почвенного конструирования // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. IV Международная научная экологическая конференция. Краснодар, 2015, С. 7–17.

Batukaev et al., 2016 – Batukaev Abdulmalik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut

saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink // *Solid Earth*, 7, Is. 2, 415–423, doi:10.5194/se-7-415-2016

Glazko, Sister, 2016 – Glazko V.I., Sister V.G. (2016). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres // *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (36), pp. 46–68.

Kalinitchenko, 2016a – Kalinitchenko Valery P. (2016). Optimizing the Matter Flow in Biosphere and the Climate of the Earth at the Stage of Technogenesis by Methods of Biogeosystem Technique (Problem-Analytical Review) // *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (4), Is. 2, pp. 99-130. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.99

Kalinitchenko, 2016b – Kalinitchenko Valery P. Technologies and Technical Means for Matter Recycling into the Soil (Review) // *International Journal of Environmental Problems*, 2016, Vol. (3), Is. 1, pp. 58-85. DOI: 10.13187/ijep.2016.3.58

Karaca et al., 2010 – Karaca A., Cetin S.C., Turgay O.C. et al.(2010) Effects of heavy metals on soil enzyme activities // *Soil Heavy Metals*, 2010, Vol. 19, pp. 237–262.

Kolesnikov et al., 2009 – Kolesnikov S.I., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F. (2009). Chemical Contamination of Adygea Soils and Changes in Their Biological Properties // *Eurasian Soil Science*, Vol. 42, No. 12, pp. 1397-1403.

Kolesnikov et al., 2010 – Kolesnikov S.I., Gaivoronskii V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F. (2010). Assessment of Soil Tolerance toward Contamination with Black Oil in the South of Russia on the Basis of Soil Biological Indices: A Model Experiment // *Eurasian Soil Science*, Vol. 43, No. 8, pp. 929-934.

Kolesnikov et al., 2011 – Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., and Kazeev K.Sh. (2011). The Effect of Model Soil Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb on the Biological Properties of Soils in the Dry Steppe and Semidesert Regions of Southern Russia // *Eurasian Soil Science*, Vol. 44, No. 9, pp. 1001–1007.

Kolesnikov et al., 2013 – Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kuznetsova Yu.S., and Kazeev K.Sh. (2013). Effect of Model Oil Pollution on Biological Properties of Soils of Dry Steppes and Semi-Deserts of Southern Russia // *Arid Ecosystems*, Vol. 3, No. 2, pp. 101–105.

Kolesnikov et al., 2013 – Kolesnikov S.I., Tatlok R.K., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., and Dadenko E.V. (2013). Biodiagnostics of the Resistance of Highland and Mountain Soils in the Western Caucasus to Pollution with Crude Oil and Oil Products // *Russian Agricultural Sciences*, Vol. 39, No. 2, pp. 151–156.

Kolesnikov et al., 2014 – Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kazeev K.Sh., Kutuzova I.V., Samokhvalova L.S., Naleta E.V., and Zubkov D.A. (2014). Ecotoxicity Assessment of Heavy Metals and Crude Oil Based on Biological Characteristics of Chernozem // *Russian Journal of Ecology*, Vol. 45, No. 3, pp. 157–166.

Kotroczo et al., 2014 – Kotroczo Z, Veres Z, Fekete I, et al. (2014). Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation // *Soil Biol Biochem* 2014; 70: 237–43

Mganga et al., 2015 – Mganga K. Z., Razavi B. S., Kuzyakov Y (2015). Microbial and enzymes response to nutrient additions in soils of Mt. Kilimanjaro region depending on land use // *European Journal of Soil Biology* 69, pp. 33–40.

Minnikova T.V. et al, 2016 – Minnikova T.V., Denisova T.V., Mandzhieva S.S., Kolesnikov S.I., Minkina T.M., Chaplygin V.A., Burachevskaya M.V., Sushkova S.N., Bauer T.V. (2016). Assessing the effect of heavy metals from the Novocherkassk power station emissions on the biological activity of soils in the adjacent areas // *Journal of Geochemical Exploration*. Available online 21 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.06.007>

Pardo et al., 2014 – Pardo T., Clemente R., Epelde L., Garbisu C., & Bernal M. P. (2014). Evaluation of the phytostabilisation efficiency in a trace elements contaminated soil using soil health indicators // *Journal of hazardous materials*, 268, 68–76, doi:10.1016/j.jhazmat.2014.01.003

Paz-Ferreiro et al., 2011 – Paz-Ferreiro J, Trasar-Cepeda C, Leirós MC, Seoane S, Gil-Sotres F. (2011). Intra-annual variation in biochemical properties and the biochemical equilibrium of different grassland soils under contrasting management and climate // *Biology and Fertility of Soils* 47: 633–645.

Reid et al., 2005 – Reid Walter V. et al. (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis, 155 p. ISBN: 1-59726-040-1

Smirnova, Breus, 2013 – Smirnova E.V., Breus I.P. (2013). Transportation of liquid hydrocarbons in leached chernozem. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 73 p.

Teaf et al., 2010 – Teaf Christopher M.; Covert Douglas J.; Teaf Patrick A.; Page Emily; and Starks Michael J. (2010). Arsenic Cleanup Criteria for Soils in the US and Abroad: Comparing Guidelines and Understanding Inconsistencies // *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy*, Vol. 15, Article 10

Urazmetov, Smirnova, 2014 – Urazmetov I.A. Smirnova E.V. (2014). Ecological State of Water and Soil of Natural-Anthropogenic Landscapes in the Oil-Producing Regions // *Mediterranean Journal of Social Sciences*, MCSER Publishing, Rome-Italy, Vol. 5, No 18.

Vasconcellos et al., 2013 – Vasconcellos RLF, Bonfim JA, Baretta D, Cardoso EJB. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein as potential indicators of soil quality in a recuperation gradient of the Atlantic forest in Brazil // *Land Degradation and Development*, DOI: 10.1002/ldr.2228

Yakovleva, Beznosikov et al., 2012 – Yakovleva E.V., Beznosikov V.A. et al. (2012). Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the soil-plant systems of the Northern Taiga biocenoses // *Eurasian Soil Science*, V. 3, pp. 309–320.

References

Alekseenko i dr., 2012 – Alekseenko V.A., Suvorinov A.V., Vlasova E.V. (2012). Metally v okruzhayushchei srede. Pribrezhnye akval'nye landshafty Chernomorskogo poberezh'ya Rossii. M.: FGBNU NII PMT, 360 s.

Val'kov i dr., 2008 – Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. (2008). Pochvy yuga Rossii. Rostov n/D: Izd-vo «Everest», 276 s.

Galstyan, 1982 – Galstyan A.Sh. (1982). Ob ustoichivosti fermentov pochv, *Pochvovedenie*, № 4, S. 108–110.

Glinushkin i dr., 2016 – Glinushkin A.P., Sokolov M.S., Toropova E.Yu. (2016). Fitosanitarnye i gigienicheskie trebovaniya k zdorovoi pochve, M.: «Izdatel'stvo Agrorus», 288 s.

Dadenko i dr., 2003 – Dadenko E.V., Kazeev K.Sh. (2003). Geostatisticheskii analiz fermentativnoi aktivnosti chernozema «Persianovskoi stepi», *Ekologiya i biologiya pochv yuga Rossii*. Vyp. 2. Rostov n/D: Izd-vo TsVVR. S. 87–90.

Kabata-Pendias, Pendias, 1989 – Kabata-Pendias A., Pendias Kh. (1989). Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. M.: Mir. 439 s.

Kazeev i dr., 2003 – Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. (2003). Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy / Rostov n/D: Izd-vo Rost. un-ta, 204 s.

Kalinitchenko, 2016 – Kalinitchenko. V.P. (2016) Ehffektivnoe ispolzovanie fosfogipsa v zemledelii, *Vestnik mezhdunarodnogo Instituta Pitaniya Rastenij*, №3.

Kas'yanenko, 1992 – Kas'yanenko A.A. Kontrol' kachestva okruzhayushchei sredy. M.: Izd-vo RUDN, 1992. 136 s.

Kolesnikov i dr., 2000 – Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. (2000). Ekologicheskie posledstviya zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami. Rostov-na-Donu: Izd-vo SKNTs VSh. 232 s.

Kolesnikov i dr., 2006 – Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatosyan M.L., Val'kov V.F. (2006). Vliyanie zagryazneniya nef'tyu i nef'teproduktami na biologicheskoe sostoyanie chernozema obyknovennogo, *Pochvovedenie*, № 5, S. 616–620.

Okolelova i dr., 2015 – Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Egorova G.S., Kasterina N.G. (2015). Osobennosti nakopleniya i transformatsii nef'teproduktov v pochvakh. Volgograd. VGU. 104 s.

Okolelova i dr., 2016 – Okolelova A.A., Kasterina N.G., Egorova G.S., Zaikina V.N. (2016). Osobennosti transformatsii nef'teproduktov v pochvakh. nauchnye vedomosti Belgorodskogo un-ta, *Estestvennye nauki*, № 18 (239), vyp. 36, s. 151-159.

Orlov, Grishina, 1981 – Orlov D.S., Grishina L.A. (1981). Praktikum po khimii gumusa. M.: Izd-vo MGU, 1981. 271 s.

Praktikum po pochvovedeniyu, 1986 – *Praktikum po pochvovedeniyu* / Pod red. I.S. Kauricheva. 4-e izdanie; pererab. dop. M.: Agropromizdat, 1986. 336 s.

[Suleimanov, 2005](#) – *Suleimanov R.R.* (2005). Izmenenie svoystv pochv v rezul'tate zagryazneniya vysokomineralizovannymi neftepromyslovymi stochnymi vodami na territorii Tuimazinskogo mestorozhdeniya nefti (Respublika Bashkortostan), *Izvestiya RAN. Ser. Biologicheskaya*, № 5, S. 613–620.

[Shoba i dr., 2015](#) – *Shoba S.A., Smagin A.V., Sadovnikova N.B.* (2015). Metodologicheskie aspekty pochvennogo konstruirovaniya, Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva. IV Mezhdunarodnaya nauchnaya ekologicheskaya konferentsiya. Krasnodar, s. 7–17.

[Batukaev et al., 2016](#) – *Batukaev Abdulmalik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova* (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink, *Solid Earth*, 7, Is. 2, 415–423, doi:10.5194/se-7-415-2016

[Glazko, Sister, 2016](#) – *Glazko V.I., Sister V.G.* (2016). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres, *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (36), pp. 46–68.

[Kalinitchenko, 2016a](#) – *Kalinitchenko Valery P.* (2016). Optimizing the Matter Flow in Biosphere and the Climate of the Earth at the Stage of Technogenesis by Methods of Biogeosystem Technique (Problem-Analytical Review), *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (4), Is. 2, pp. 99-130. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.99

[Kalinitchenko, 2016b](#) – *Kalinitchenko Valery P.* Technologies and Technical Means for Matter Recycling into the Soil (Review), *International Journal of Environmental Problems*, 2016, Vol. (3), Is. 1, pp. 58-85. DOI: 10.13187/ijep.2016.3.58

[Karaca et al., 2010](#) – *Karaca A., Cetin S.C., Turgay O.C. et al.* (2010). Effects of heavy metals on soil enzyme activities, *Soil Heavy Metals*, 2010, Vol. 19, pp. 237–262.

[Kolesnikov et al., 2009](#) – *Kolesnikov S.I., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F.* (2009). Chemical Contamination of Adygea Soils and Changes in Their Biological Properties, *Eurasian Soil Science*, Vol. 42, No. 12, pp. 1397–1403.

[Kolesnikov et al., 2010](#) – *Kolesnikov S.I., Gaivoronskii V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F.* (2010). Assessment of Soil Tolerance toward Contamination with Black Oil in the South of Russia on the Basis of Soil Biological Indices: A Model Experiment, *Eurasian Soil Science*, Vol. 43, No. 8, pp. 929–934.

[Kolesnikov et al., 2011](#) – *Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., and Kazeev K.Sh.* (2011). The Effect of Model Soil Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb on the Biological Properties of Soils in the Dry Steppe and Semidesert Regions of Southern Russia, *Eurasian Soil Science*, Vol. 44, No. 9, pp. 1001–1007.

[Kolesnikov et al., 2013](#) – *Kolesnikov S.I., Tatlok R.K., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., and Dadenko E.V.* (2013). Biodiagnostics of the Resistance of Highland and Mountain Soils in the Western Caucasus to Pollution with Crude Oil and Oil Products, *Russian Agricultural Sciences*, Vol. 39, No. 2, pp. 151–156.

[Kolesnikov et al., 2013](#) – *Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kuznetsova Yu.S., and Kazeev K.Sh.* (2013). Effect of Model Oil Pollution on Biological Properties of Soils of Dry Steppes and Semi-Deserts of Southern Russia, *Arid Ecosystems*, Vol. 3, No. 2, pp. 101–105.

[Kolesnikov et al., 2014](#) – *Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kazeev K.Sh., Kutuzova I.V., Samokhvalova L.S., Naleta E.V., Zubkov D.A.* (2014). Ecotoxicity Assessment of Heavy Metals and Crude Oil Based on Biological Characteristics of Chernozem, *Russian Journal of Ecology*, Vol. 45, No. 3, pp. 157–166.

[Kotroczo et al., 2014](#) – *Kotroczo Z, Veres Z, Fekete I, et al.* (2014). Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation, *Soil Biol Biochem* 2014; 70: 237-43

[Mganga et al., 2015](#) – *Mganga K. Z., Razavi B. S., Kuzyakov Y* (2015). Microbial and enzymes response to nutrient additions in soils of Mt. Kilimanjaro region depending on land use, *European Journal of Soil Biology* 69, pp. 33–40.

[Minnikova T.V. et al, 2016](#) – *Minnikova T.V., Denisova T.V., Mandzhieva S.S., Kolesnikov S.I., Minkina T.M., Chaplygin V.A., Burachevskaya M.V., Sushkova S.N., Bauer T.V.* (2016). Essessing the effect of heavy metals from the Novocherkassk power station emissions on the

biological activity of soils in the adjacent areas, *Journal of Geochemical Exploration*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.06.007>

Pardo et al., 2014 – Pardo T., Clemente R., Epelde L., Garbisu C., & Bernal M. P. (2014). Evaluation of the phytostabilisation efficiency in a trace elements contaminated soil using soil health indicators, *Journal of hazardous materials*, 268, 68–76, doi:10.1016/j.jhazmat.2014.01.003

Paz-Ferreiro et al., 2011 – Paz-Ferreiro J, Trasar-Cepeda C, Leirós MC, Seoane S, Gil-Sotres F. (2011). Intra-annual variation in biochemical properties and the biochemical equilibrium of different grassland soils under contrasting management and climate, *Biology and Fertility of Soils*, v.47: 633–645.

Reid et al., 2005 – Reid Walter V. et al. (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis, 155 p. ISBN: 1-59726-040-1

Smirnova, Breus, 2013 – Smirnova E.V., Breus I.P. (2013). Transportation of liquid hydrocarbons in leached chernozem. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 73 p.

Teaf et al., 2010 – Teaf Christopher M., Covert Douglas J., Teaf Patrick A., Page Emily, Starks Michael J. (2010). Arsenic Cleanup Criteria for Soils in the US and Abroad: Comparing Guidelines and Understanding Inconsistencies, *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy*, Vol. 15, Article 10.

Urazmetov, Smirnova, 2014 – Urazmetov I.A., Smirnova E.V. (2014). Ecological State of Water and Soil of Natural-Anthropogenic Landscapes in the Oil-Producing Regions, *Mediterranean Journal of Social Sciences* MCSER Publishing, Rome-Italy, Vol. 5 No 18.

Vasconcellos et al., 2013 – Vasconcellos RLF, Bonfim JA, Baretta D, Cardoso EJB. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein as potential indicators of soil quality in a recuperation gradient of the Atlantic forest in Brazil, *Land Degradation and Development*, DOI: 10.1002/ldr.2228

Yakovleva, Beznosikov et al., 2012 – Yakovleva E.V., Beznosikov V.A. et al, (2012). Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the soil-plant systems of the Northern Taiga biocenoses, *Eurasian Soil Science*, V. 3, pp. 309–320.

УДК 631.46; 57.044

Изменение активности дегидрогеназы в почвах Черноморского побережья Кавказа при загрязнении тяжелыми металлами и нефтью

Сергей Ильич Колесников ^{а,*}, Анна Андреевна Кузина ^а, Камиль Шагидуллоевич Казеев ^а, Наталья Александровна Вернигорова ^а, Наталья Андреевна Евстегнеева ^а

^а Южный федеральный университет, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время почвы подвергаются все большему антропогенному воздействию. Строительство новых курортов, автомобильных дорог, нефтепроводов – все это может усилить загрязнение почв тяжелыми металлами и нефтью. Одним из чувствительных и информативных показателей экологического состояния почв является определение активности дегидрогеназы. В результате модельных исследований установлено, что загрязнение хромом, медью, никелем, свинцом и нефтью снижает активность дегидрогеназы во всех основных почвах Черноморского побережья Кавказа: черноземе южном, коричневой типичной, коричневой выщелоченной, коричневой карбонатной, бурой лесной кислой, бурой лесной кислой оподзоленной, дерново-карбонатной типичной, дерново-карбонатной выщелоченной почвах, желтоземе. Как правило, для всех исследованных ТМ и нефти наблюдалась прямая зависимость между содержанием в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологического показателя. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: kollesnikov@sfedu.ru (С.И. Колесников)

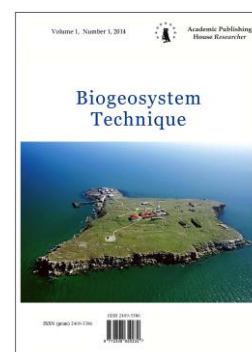
негативное воздействие оказал хром. По степени негативного влияния на изменение активности дегидрогеназы в исследуемых почвах Черноморского побережья Кавказа оксиды тяжелых металлов образуют следующий обобщенный ряд: $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$. Проведена сравнительная оценка устойчивости активности дегидрогеназы к загрязнению тяжелыми металлами и нефтью для основных почв Черноморского побережья Кавказа. Загрязнение тяжелыми металлами менее всего повлияло на активность дегидрогеназы дерново-карбонатной типичной почвы. К загрязнению нефтью по определяемому показателю более устойчивыми оказались коричневые почвы. Устойчивость почв к химическому загрязнению зависит от природы загрязнителей и их концентрации в почве, а также генетических свойств самих почв.

Ключевые слова: хром, никель, медь, свинец, нефть, дегидрогеназа, устойчивость, загрязнение.

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
E-ISSN: 2413-7316
Vol. 9, Is. 3, pp. 218-228, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.9.218
www.ejournal19.com



UDC 631

Flood Vulnerability Modelling Factors of Nafada Town, Gombe State, Nigeria Using Remote Sensing and GIS Techniques

M.I. Muhammad ^{a, *}, U. Wali ^a, M.A. Modibbo ^a

^a Department of Surveying and Geoinformatics, Abubakar Tafawa Balewa University, Bauchi, Nigeria

Abstract

This study employs the integrated approach of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) techniques in flood management with the goal of deriving flood vulnerability modelling factors. Flood vulnerability studies have become more efficient in recent years because of the availability of advanced computational facilities and use of GIS. Almost every year, Nafada Town has been experiencing repeated flooding during the rainy season (July to September). As a consequence, properties are lost or destroyed and sometimes lives are lost. The aim of this research is to develop factors that could be used in flood vulnerability modelling of terrain features that favored the incidence of the floods as part of the solution to the problem. The objectives were to process Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) Scene 186/052 with a resolution of 90m-90m which covered the study area, downloaded from United State Geological Surveys (USGS) and the factors were obtained. These factors were fill sink (elevation), terrain wetness index, proximity to river and overland flow length using the Integrated Land and water information system (ILWIS 3.3) Software, the factors were then classified using Natural breaks extension of ArcGIS 9.3 software. Hence, GIS techniques were proved to be useful in deriving the flood vulnerability modelling factors in a time and cost effective manner. It is recommended that GIS methods should be incorporated in planning and management of floods in the study area and further study should be conducted to combine these factors to develop a flood vulnerability model of the area.

Keywords: Flood, Vulnerability, GIS, Remote Sensing, Mission, Nafada Town, Modelling, Proximity, Overland, Terrain wetness Index.

1. Introduction

In simple terms, flood is defined as temporary covering of land by water as a result of surface water escaping from their natural confines or as a result of heavy precipitation (Opolot, 2013). Perhaps, in contemporary times, it is the most consistent serious natural disaster affecting most countries of the world. For instance, Asian countries have been at the frontline of the incidence and severity of flooding in the world. It is estimated that the countries experienced 1/3rd of the 1562 floods that occurred in the world between 1994 and 2004 (Uddin et al., 2013; Bhatt et al., 2014).

* Corresponding author

E-mail addresses: hamzasaji100@yahoo.com (M.I. Muhammad)

In Europe, flooding was reported in countries like Italy, Russia, Romania etc. (Ebi et al., 2003). It is even forecasted that the incidence of floods in Europe will double by 2050 while annual economic losses resulting from them will increase five folds (Conner, 2014). Thirty-two major floods occurred in the United States in the 20th Century (Perry, 2000).

Flooding is also wide spread in Africa (Emmanuel, 2013), Nigeria has had its own experience of flooding. Whitworth et al., (2015) classified the floods that occur in Nigeria into fluvial (along the plains adjoining rivers especially in the North), coastal (along the low lying coastal areas of the South) and pluvial (inundation of urban areas due to severe rainfall and poor drainage). The recent floods in the country include those of 2012 (30 States were affected, NEMA, 2012), 2013 (156 Local Governments in 31 States, NEMA, 2013), 2014 (35 cases across 8 States, NEMA, 2014), 2015 (7 States, NEMA, 2015). During the 2016 rainy season, the Nigerian Hydrological Services Agency (NIHSA) has highlighted the possibility of flooding in fourteen States (Nnodim, 2016). The incidence of flooding in Uyi Udele (Ebonyi State) (Davies, 2016), Lafiya (Nassarawa State) (Eleazu, 2016) and Hayin Gwarmai (Kano State) in June and July, 2016; attests to the potency of the forecast by NIHSA, and the need for serious mitigating action by stakeholders.

The destructive effects of floods on lives and properties and associated socio economic disruptions are also monumental. Globally, in the 20th century, 6.8 million deaths resulted from flooding and, between 1980 and 2009 2.8 billion people were affected by the disaster (Doocy et al., 2013). Opolot (2013) reported that between 2000 and 2008 flooding affected an average of 99 million people each year. A shortlist of some of the losses associated with floods in Nigeria since 2001 were provided by Etuonovbe (2011). The 2012 floods, reported as the worst in forty years, displaced about 1.3 million people and killed 431 others (Emmanuel, 2012). It is obvious that the destructive effects of floods should qualify their mitigation to command priority in issues of environmental management, human and material safety. This is more so as the principal causes of flooding i.e. the incidence of high intensity rainfall, rise in sea levels associated with climate change, rapid urbanization and environmentally unfriendly land use practices (Dabara et al., 2012) all require the consistent deployment of required human, technological and material capacities to tackle.

Interactions with residents of Nafada town in Gombe State, Nigeria suggest that the town has been experiencing floods and their associated effects for a long period of time. The last major flood in the town was in 2013 whose consequence was the displacement of over 500 people, the injury of 112 people and the submerging and destruction of several houses and farmlands (NEMA, 2013). However, most of the floods have not commanded serious publicity and attention because of the rural character of the town coupled with the relative lower magnitude of the floods compared to others on the national scale. So far, efforts at addressing the problem has been restricted at the construction of about 16 km of drainage in 2004 and 2012 by the collaborative efforts of the Local and State Governments (Nafada LGA, 2013). The incidence of the 2013 flood suggests that this effort is not adequate for the problem. Therefore, it is imperative that more effective, knowledge derived measures be deployed. Specifically, knowledge about the factors, expected frequency, character, and magnitude of hazardous events in an area as well as the vulnerability of the people, buildings, infrastructures and economic activities in potentially dangerous areas is required (Van Western & Hosftee, 2001). A combination of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) tools are effective for this purpose (Jayasselan, 2006). However, local capacities to deploy these tools for the purpose appear to be lacking. Hence, the purpose of this paper is to derive the physical factors that make the study area (Nafada town of Gombe State, Nigeria) vulnerable to flood. Remote Sensing and GIS techniques, specifically, the Shuttle Radar Topographical Mission (SRTM) Digital Elevation Model (DEM) and ILWIS software were used to evaluate four flood vulnerability factors: elevation, terrain wetness index, proximity to river and overland flow length.

2. Study area

The location of Nafada town is at latitude 110928mN and longitude 113289mE. It is the administrative headquarters of Nafada Local Government Gombe State, north eastern Nigeria (Fig. 1). It has an average altitude of 306 m and a largely agrarian population of 22,920 according to the 2006 population census. The town has distinct wet (rainy) and dry seasons whose incidence is governed by the movement of the inter-tropical convergence zone, a zone where warm and moist air from the Atlantic Ocean converges with hot, dry, and often dust-laden air from the Sahara

Desert known locally as the harmattan. The rainy season lasts for three months (July-September). The average rainfall varies from 760 mm to 1000 mm annually, with the highest rainfall recorded during the months of July and August. Temperatures are high throughout the year, averaging from 25 to 28 °C (77 to 82 °F).

The area has the Sudan Savannah vegetation that is characterized by predominantly tall and short grasses, with scattered trees and shrubs. The trees are mostly locust bean trees, baobabs and some other forms of deciduous trees. They are heavily cut by inhabitants to make firewood as a source of energy for cooking. The consequence of this is the increased tendency for runoff (and flood) due to the loss of the protection provided by the vegetation. While the geology of Nafada town is hilly and flat land with streams that runs from west to east, the geology of the area is made up of Fika shell that comprises blue-black gypsiferous with thin limestone bed. There is inadequate drainage system for the safe channeling and disposal of runoff within the area. Patches of ponds can be seen within the town especially during the rainy season. The Gongola River and its tributaries form the main drainage systems in the area, River Nafada is the prominent hydrological feature in the area (Abdul Kareem, 2014).

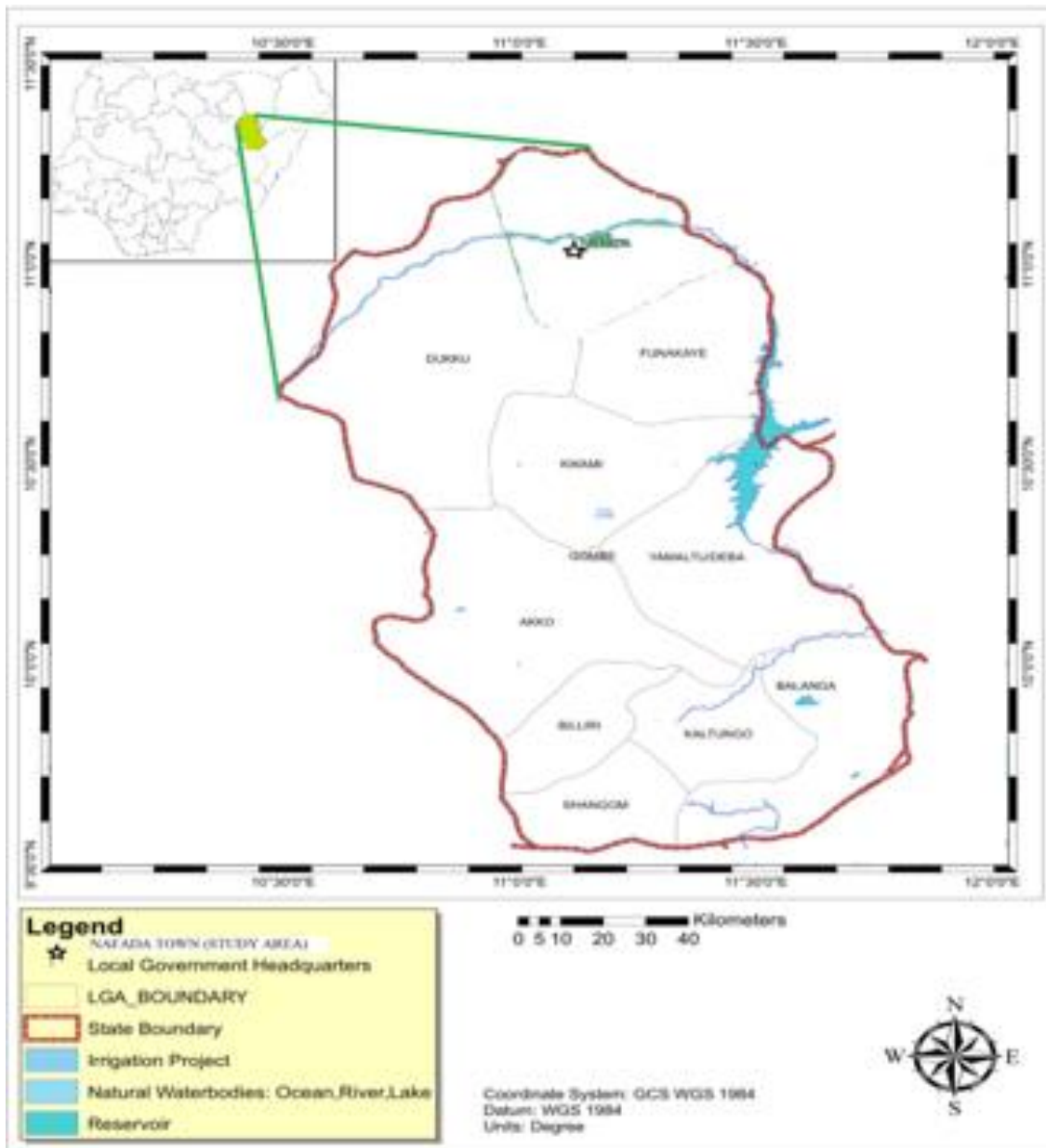


Fig. 1. The Study Area

3. Materials and methods

The Shuttle Radar Topographical Mission (SRTM) Digital Elevation Model (DEM), Scene 186/052 with a resolution of 90 m·90 m which covered the study area was obtained from (USGS, 2008). The ILWIS 3.3 was used for data processing. The flow chart in Fig. 2 describe how the DEM was processed to achieve the purpose of the study.

The SRTM DEM was imported into the ILWIS 3.3 environment and was process and the flood vulnerability criteria (fill sink/elevation, terrain wetness index, proximity, overland flow length) were obtained.

Classification is based on natural breaks using ArcGIS 9.3, classes are based on natural groupings inherent in the data. ArcMap identifies break points by picking the class breaks that best group similar values and maximize the differences between classes. The features are divided into classes whose boundaries are set where there are relatively big jumps in the data values. It is typical to use this type of thematic classification on continuous phenomena, such as slope, distance, or suitability, where you want to classify the range into a small number of classes and assign colors to those classes.

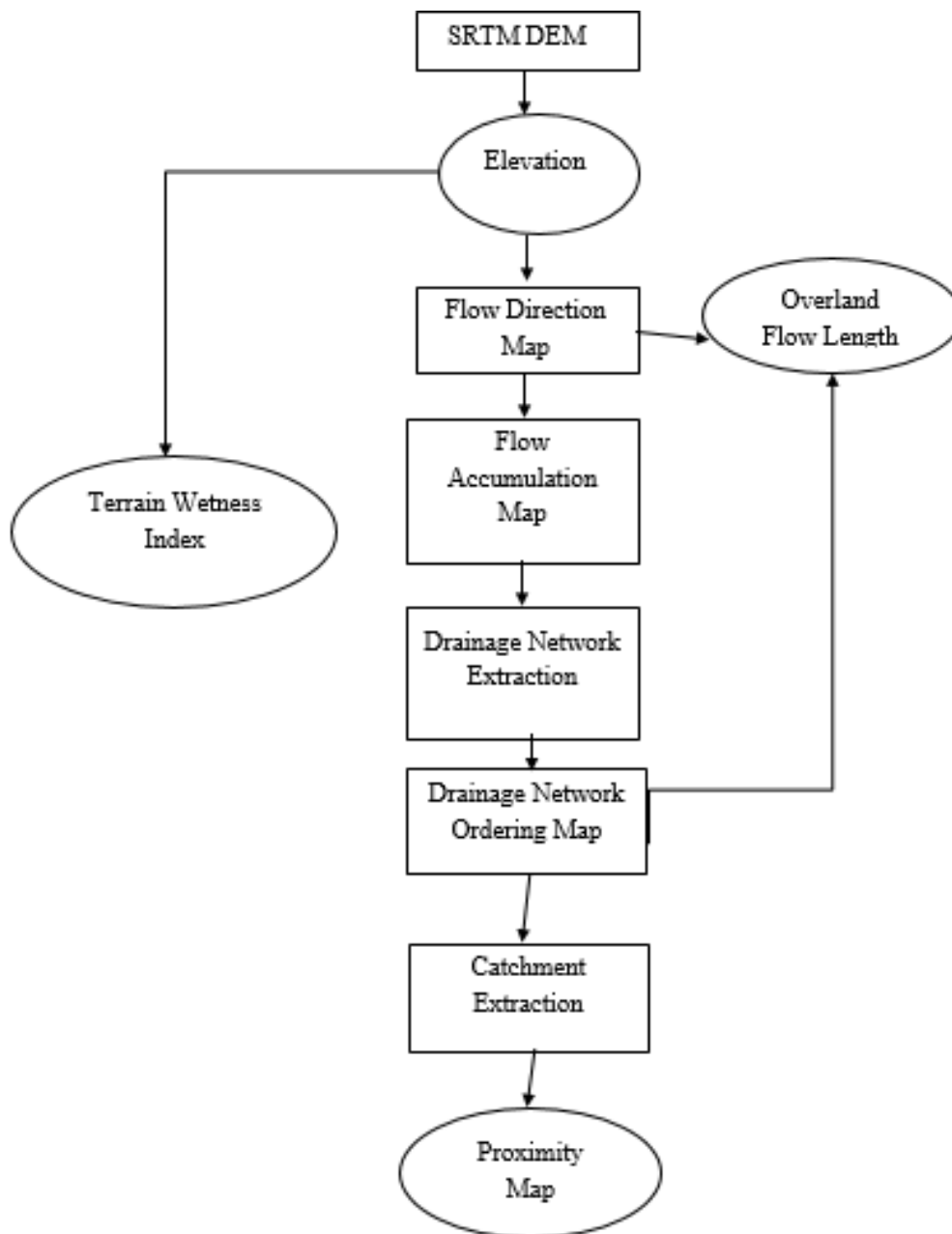


Fig. 2. Process of Deriving the Factors

Fill sink (elevation) is the process of cleaning the DEM so that local depressions (sinks) are removed from it; it will remove depressions that consist of a single pixel, i.e. any pixel with a smaller height value than all of its 8 neighboring pixels and depressions that consist of multiple pixels, when a depression of a single pixel is encountered: then the height value of this pixel will be increased to the smallest value of its 8 neighbor pixels, while if a depression of multiple pixels is encountered: then the height values of this depression will be increased to the smallest value of a pixel that is both adjacent to the outlet for the depression, and that would discharge into the initial depression. Elevation explains the height above the sea level. The height above the mean sea level of a particular place helps determine the level of vulnerability of such places to sea rising or flood occurrences, areas with low elevation can be vulnerable to flooding than areas with appreciable height. However, the factor holds that the height of a place determines the level that a place can be affected given a particular rise in the water body this was obtained through “ILWIS3.3>Operation>Dem Hydro Processing>Flow Determination>Fill Sink.”

Terrain Wetness Index: The soil water volume/capacity helps in determining the saturation level of the soil within a given area. The wetness level of a terrain shows the amount of water that will be added to saturate the soil and eventually dispense as surface flow when percolation must have taken place and soil is over saturated. Higher wetness index (values) signifies places of high flood hazards and vice versa. Terrain wetness index sets catchment area in relation to the slope gradient, it depicts the spatial distribution of soil-water in the study area, thereby showing surface saturation zones in the study area.

$$TWI = \ln\left(\frac{A_s}{T \tan \beta}\right)$$

A_s , is the specific catchment area (m^{-2}), T is the soil transmissivity when the soil profile is saturated, and β is the slope gradient (in degrees, I. D) (Moore et al., 1991).

This was obtained from “ILWIS3.3>Operation>Dem Hydro Processing>Compound Index Extraction>Compound Index Calculation.” The input maps are Elevation and Flow accumulation map, the output map is terrain wetness index Map

Proximity to river: The Proximity toolset in the Analysis toolbox were used to discover proximity relationships. These tools output information with buffer features. Buffers are usually used to delineate protected zones around features, in this case, river or to show areas of influence. This factor was chosen to show the nearness or the distance of the study area to the river which is another factor that shows how vulnerable the area will be to flooding, this was achieved through “ILWIS3.3>Operation List>Double Click On Distance Calculate>Input Catchment Extraction Map>Ok or ArcGIS 9.3>Spatial Analyst Tools>Distance>Euclidian Distance>Input Raster>Ok”.

Overland Flow Length: The Overland Flow Length operation calculates for each pixel the overland distance towards the 'nearest' drainage according to the flow paths available in the Flow Direction map, the operation produces a raster map that contains the overland down-flow distances towards the drainage into which a pixel will drain according to the flow direction map. This was obtained from “ILWIS3.3>Operation>Dem Hydro Processing>Compound Parameter Extraction>Overland Flow Length”. The input maps are Drainage Network Ordering and Flow Direction Map while the output map is Overland Flow Length.

4. Results and discussions

The results obtained from the data processing described above are presented below.

Elevation

The graphical representation of the elevation values of the study area is shown in figures 3A and 3B. Fig. 3A show that the average geodetic height of the study area ranges from 246 m (lowest) to 499 m (highest elevation). Fig. 3B show that elevation is lowest (depicted in green) around the River and increases outwards to the height of about 499 m above sea level. This suggests a difference of 53 m between the lowest and highest elevations. This difference is large enough to ensure that in line with the law of gravity, the low lying river and its immediate vicinity is the destination of runoff from surrounding higher elevations.

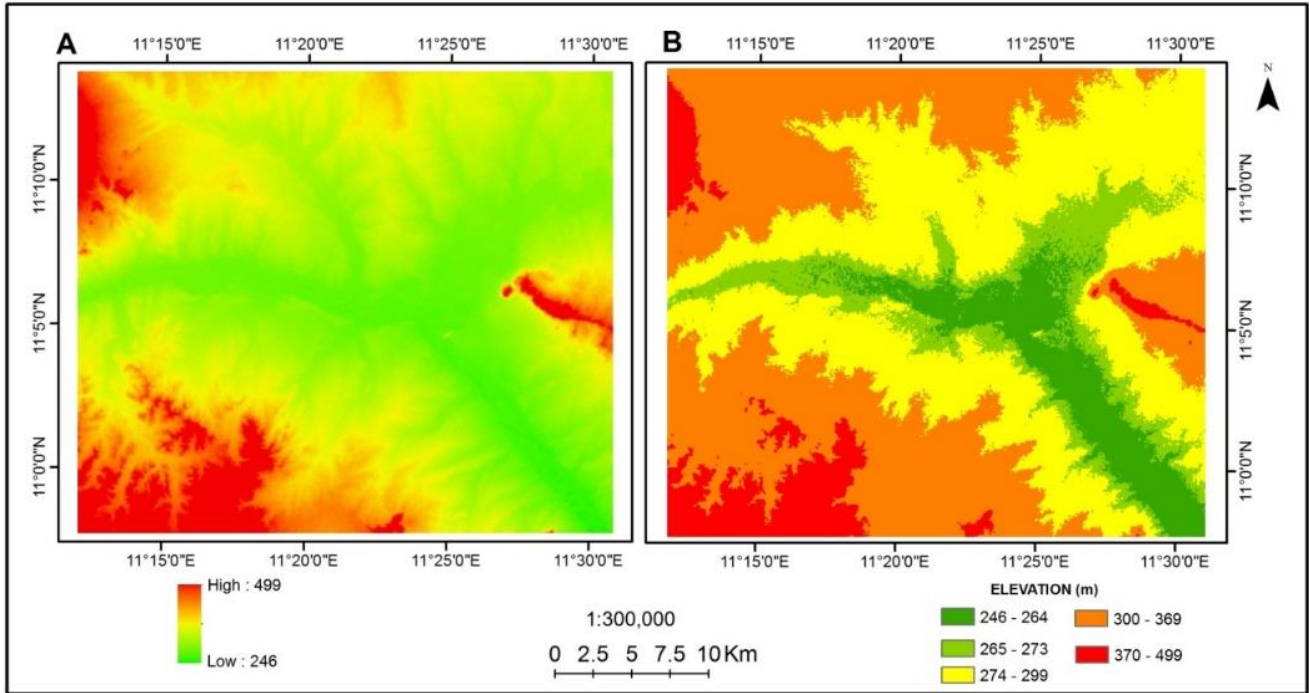


Fig. 3A. Elevation of the study area

Fig. 3B. Classified Elevation of the study area

Using natural breaks, the DEM was classified into five classes as indicated in [Table 1](#).

Table 1. Classified Elevation of the Study Area

S/NO	Elevation (m)	No of pixels	Area (%)	Vulnerability class
1	246 – 264	109195	31.14	Vulnerable to flood (VTF)
2	265 – 273	105057	29.96	Moderately vulnerable to flood (MVTF)
3	274 - 299	98447	28.07	Less vulnerable to flood (LVTF)
4	300 – 369	23360	6.66	Very less vulnerable to flood(VLVTF)
5	370 – 499	14623	4.17	Not vulnerable to flood (NVTF)
TOTAL		350682	100	

[Table 1](#) shows that 31.14 % of the study area lies between 246-264 m and is therefore Vulnerable to Flood (VTF). Heights between 265-273 m occupy 29.96 % and are therefore, Moderately Vulnerable to Flood (MVTF). The heights between 300-386 m, classified as Less Vulnerable to Flood (LVTF) cover 28.07 %. And 6.66 % of the land have elevations between 274-299 m and is within the Very Less Vulnerable to Flood (VLVTF). Incidentally, the least portion of the study area 4.17 % with elevations of 370–499 m is Not Vulnerable to Flood (NVTF). Hence, the seriousness of efforts at flood prevention and mitigation should follow the vulnerability classification.

Raw and Classified Terrain Wetness Index

Terrain Wetness Index (TWI) provides an indication of how saturated a given cell will become during a rainfall event, and is therefore an indication of soil moisture. The higher the value of the index, the wetter the cell will be and vice versa. The results from the use of natural breaks

suggests that the Terrain Wetness Index in the study area ranges from 9.45-28.00 (Fig. 4A). Fig. 4B shows the different classified colors used to indicate different wetness indices. Light blue for areas with high index and brown for those with low index. It can be observed that the wetter areas close to the river appear in light blue color whereas areas that are far-off are represented in brown color. The higher the wetness index the wetter the place becomes and the darker the light blue color becomes and apparently the more susceptible the place will become to flooding. Therefore, the low lying areas, extending from the river source are more susceptible to flooding than the highlands with dominant brown color.

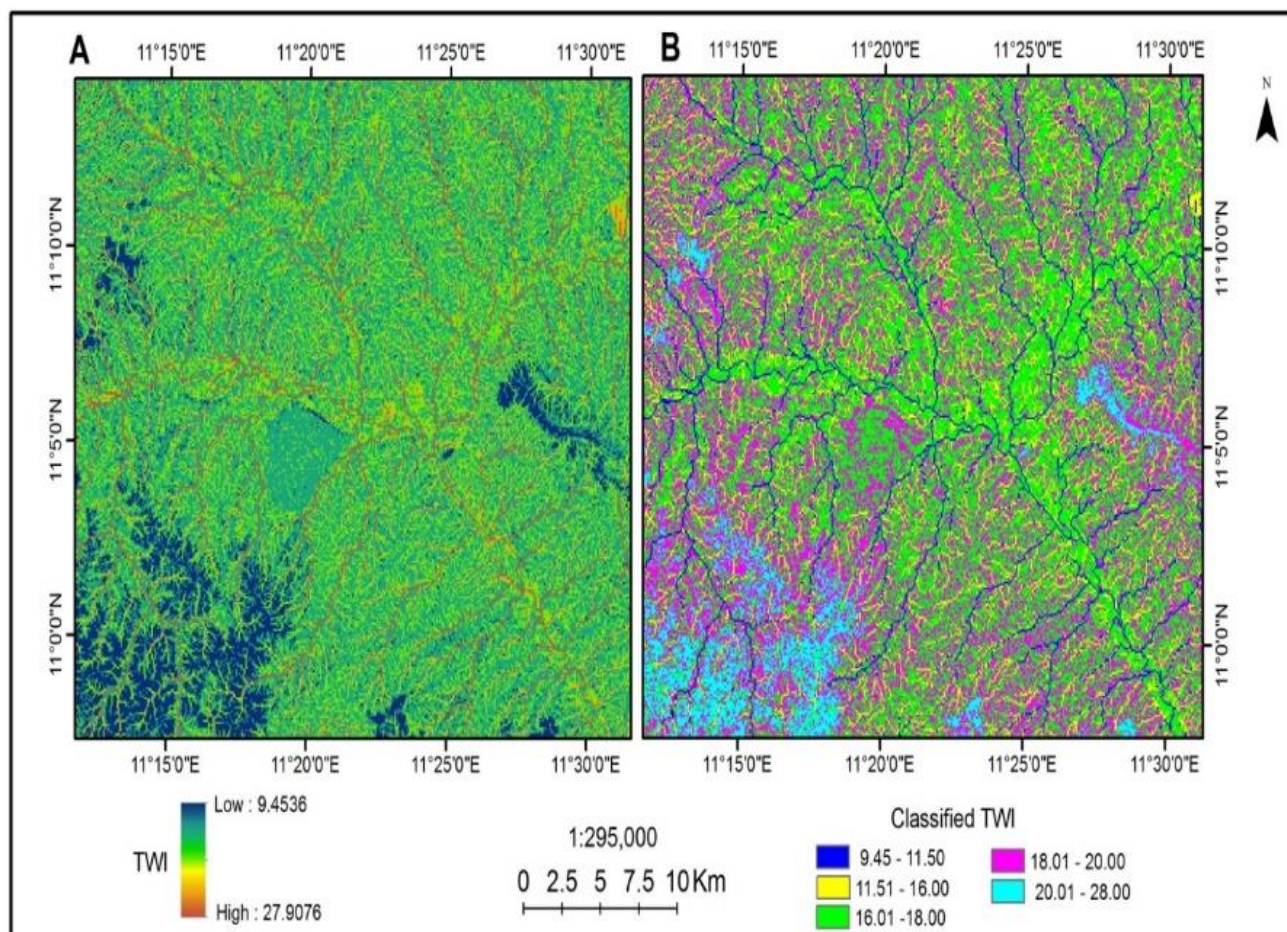


Fig 4A. Raw TWI Image

Fig 4B. Classified TWI Image

The attribute data drawn from the Classified Image for terrain wetness (Figure 4B) is shown in the Table 2.

Table 2. Area Occupied by Various Terrain Wetness Index Classes

S/No	TWI Value Range	No Of Pixels	Area (%)	Vulnerability class
1	9.45-11.50	2397	0.68	Not vulnerable to flood
2	11.51-16.00	242784	69.23	Very less vulnerable to flood
3	16.01-18.00	58941	16.81	Less vulnerable to flood
4	18.01-20.00	38633	11.02	Moderate vulnerable to flood
5	20.01-28.00	7927	2.26	Vulnerable to flood
TOTAL		350682	100	

Table 2 shows that using the TWI factor, the TWI value range of 20.01-28.00 is occupied by about 2.26 % of the land in the study area. This area is Vulnerable to Flood. 11.02 % of the area is in the Moderately Vulnerable to Flood category while about 16.81 % is Less Vulnerable to Flood. The areas in the Very Less Vulnerable to Flood and Not Vulnerable to Flood categories are 69.23 and 0.68 % respectively.

Raw and Classified Proximity

The proximity/distance of the neighborhoods to the source of River is shown in Fig. 5A. In the Fig. 5A, it can be observed that the brown color used to indicate proximity to the river gradually fades with increasing distance away from it. Expectedly, inundation (and its effects) from the overflow of the river should affect areas with closest proximity to the river. Hence, the brown color is darkest in those areas. The risk of vulnerability decreases with increasing distance from the river.

The classified map (Fig. 5B) from which its attributes were derived and represented in the Table 3 indicates that the distance range of 0–399 m claims the highest percentage of about (49.9 %). The implication of this is that almost half of the neighborhood has close proximity to the river and is hence, susceptible to flood. While areas that are between 400–1250 m away from the river cover 29.61 %, those in the 1251–3000 m range occupy 15.15 % of the study area. Areas with the farthest proximity to the river are those that are >3000m from it. They cover 5.34 % and are the least vulnerable to the incidence of flood.

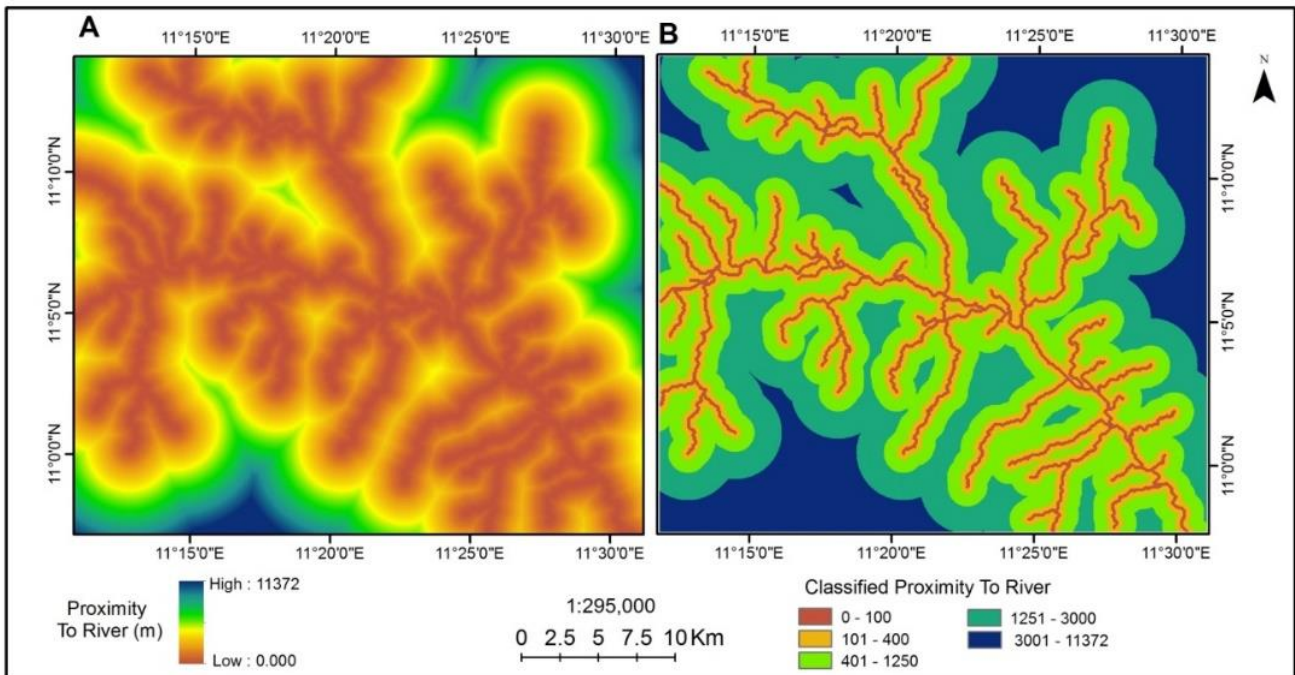


Fig. 5A. Raw Image of Proximity to River

Fig. 5B. Classified Image of Proximity to River

Table 3. Percentages Covered by Various Heights of the Classified Proximity to River

S/No	Proximity (m)	No of Pixels	Area (%)	Vulnerability class
1.	0 – 100	24723	7.05	Vulnerable to flood
2.	101 – 399	150266	42.85	Moderate vulnerable to flood
3.	400 – 1250	103837	29.61	Less vulnerable to flood
4.	1251 – 3000	53126	15.15	Very less vulnerable to flood
5.	3001 – 1172	18728	5.34	Not vulnerable to flood
	TOTAL	350682	100	

Raw and Classified Overland Flow Length

Percentages derived by natural breaks, of the various Overland Flow Length (OFL) ranges of the neighborhoods to the nearest drainage shown on the [Figure 6A](#) indicates that areas colored in dark red are closer to the drainages which are closer to the river, the color faints away from drainages showing least overland flow length value to source of hazard, by implication the closer the overland flow length value, the higher the risk of being affected by flooding in the area. The classified map, [Figure 6B](#) and the attributes on [Table 4](#) indicates that the overland flow length value between 0-300 m claims the lowest percentage about 6.57 % which classified as VTF, while the overland flow length value between 7001-26170 13.81 % shows the area that is NVTF while the remaining once fall in between.

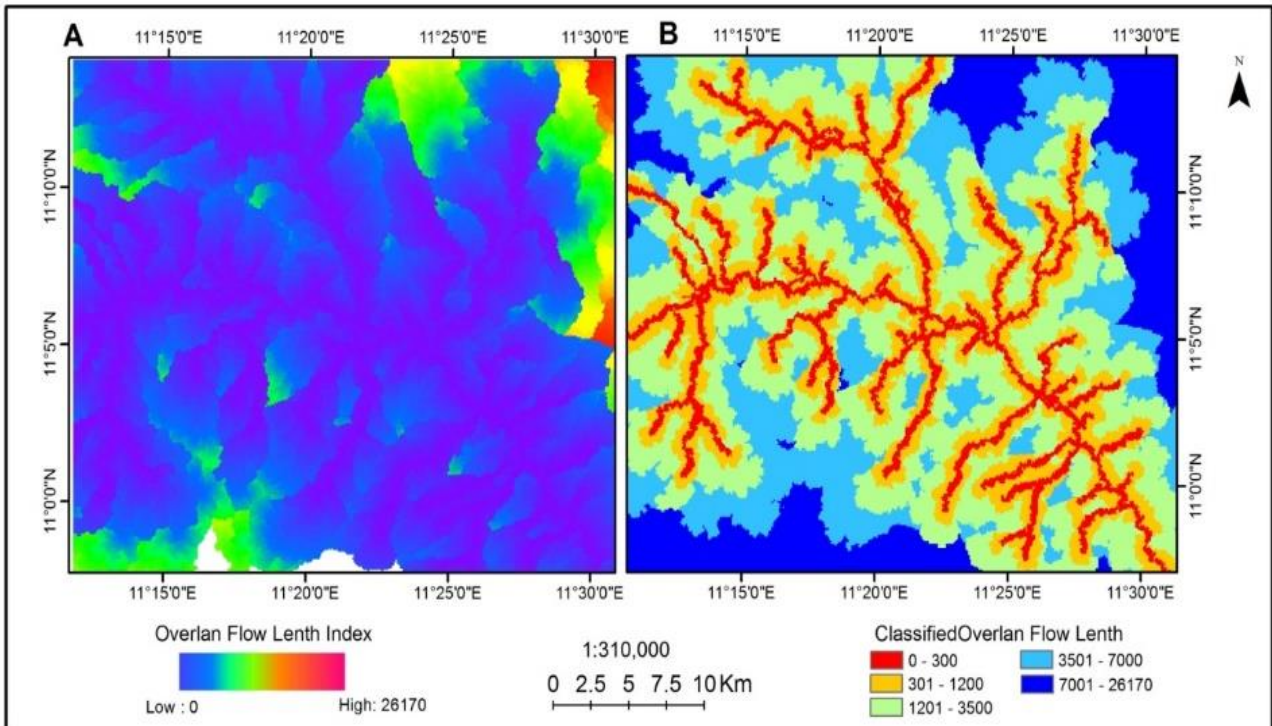


Fig. 6A. Raw Image of OFL

Fig. 6B. Classified OFL

Table 4. Area Occupied by Various Overland Flow Length of the Study Area.

S/NO	Overland Flow Length	No of Pixels	Area (%)	Vulnerability class
1	0 – 300	23027	6.57	Vulnerable to flood
2	301 – 1200	38552	10.99	Moderate vulnerable to flood
3	1201 – 3500	116956	33.35	Less vulnerable to flood
4	3501 – 7000	123729	35.28	Very less vulnerable to flood
5	7001 – 26170	48417	13.81	Not vulnerable to flood
TOTAL		350682	100	

5. Conclusion and recommendations

Nafada town and its environment has been experiencing flooding over the years, this according to the research has been attributed to many factors amongst which are excess stage discharge, vulnerability, nature and rate of the Terrain Wetness Index, Proximity to the river and Geodetic Height of the area. High Terrain Wetness Index is recorded in areas around river Nafada, significant percentage of the area is low-lying, larger percentages of the people lives very close to the river, hence with close proximity to the river Nafada, the vulnerability and susceptibility of the

people to flooding is very high. Hence, the application of this method (RS and GIS) in Nafada to developed flood vulnerability factors like Terrain Wetness Index, DEM, Proximity to the river and overland flow length, it is in no doubt a holistic approach in flood management in the Nafada town and its surroundings. This study was conducted under major constraint of limited data availability. Therefore, the following recommendations are made for the further studies in the future.

i. Topographical Data: For modeling flows in overbanks, topographic data should be of high resolution so that the topography of the floodplains could be properly represented.

ii. Use of new technology to generate TIN: TINs obtained using new technologies such as LIDAR (Light Detection and Ranging), which improves the quality of the digital terrain representations can be used for further study.

References

Opolot, 2013 – *Opolo E.* (2013). Application of remote sensing and GIS for flood hazards management review, *Research Journal of Applied Science, Engineerig and Technology*, 6(10), 1884-1984.

Uddin et al., 2013 – *Uddin K., Gurung D. R., Giraraj A. and Shrestha B.* (2013). Application of remote sensing and GIS for flood hazards management a case study of Sindha province Pakistan. *American Journal of GIS*, 2(1), 1-5.

Bhatt et al., 2014 – *Bhatt G. D., Sinha K., Deka P. K. and Kumar, A.* (2014). Flood hazards and risk assessment in Chamoli district Uttra Khand using satellite remote sensing and GIS. *International Journal Of Innovative Research In Science, Engineering And Technology*, 15348-15356.

Ebi et al., 2003 – *Ebi K. L., Kobat R. S., Menne B., Edward, Hajjat, S. and Heinne, S.* (2003). The human Health consequences of flooding in Europe: a review. *Journal Of Applied Environmental Science And Public Helth*, 1, 13-21.

Conner, 2014 – *Connor S.* (15 May, 2014). Independent Newspaper of UK retrived at <http://www.climatecentral.org>

Perry, 2000 – *Perry C. A.* (2000). Significant floods in the United States during the 20th Century – USGS measures a Century of floods. *USGS Fact Sheet*, 024-00. Retrieved from <http://www.ks.water.usgs.gov>

Emmanuel, 2013 – *Emmanuel G.* (13 June, 2013). Reliefweb. Retrieved from <http://www.reliefweb.int>

Whitworth et al., 2015 – *Whitworth, M., Brian, B. and Nkwunonwu, U. C.* (2015). Flooding and Flood Risk Reduction in Nigeria: Cardinal Gaps. *Journal of Geography and Natural Disasters*, 5, 136-145.

NEMA, 2012 – *National Emagency Management Agency* (2012). Annual Report on floods. Retived at <http://www.nema.gov.ng>

NEMA, 2013 – *National Emagency Management Agency* (2013). Annual Report on floods. Retived at <http://www.nema.gov.ng>

NEMA, 2014 – *National Emagency Management Agency* (2014). Annual Report on floods. Retived at <http://www.nema.gov.ng>

NEMA, 2015 – *National Emagency Management Agency* (2015). Annual Report on floods. Retived at <http://www.nema.gov.ng>

Nafada LGA, 2013 – *Nafada Local Government Area.* (2013). Annual reports on projects executed by the council.

Nnodim, 2016 – *Nnodim O.* (26 July, 2016). There will be flooding in 14 States, says NIHSA. Retrived at <http://www.emdat.de>

Davies, 2016 – *Davies R.* (14 June, 2016) Nigeria – Thousands left homeless after floods in Ebonyi. Floodlist.

Eleazu, 2016 – *Eleazu, U.* (21 June, 2016) Flood kills three, destroys 150 houses in Nassarawa. Bespoke pan African online newspaper. Retrived at <http://www.reportsafrique.com>

Doocy et al., 2013 – *Doocy S., Daniel, A., Murray S. and Kirsta T. D.* (2013). The humman impacts on floods a historical review of event 1980-2009 and systematic literature review ISSN 2157-3999. Retrived at <http://www.currentplos.org>

Etuonovbe, 2011 – *Etuonovbe, A. K.* (2011). The devastating effect of flooding in Nigeria, FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco. Retrived at http://www.fig.net/pub/fig2011/papers/ts06j/ts06j_etuonovbe_5002.pdf.

Emmanuel, 2012 – *Emmanuel G.* (10 October, 2012). Irrinnews. Retrieved from <http://www.irrinnews.org>

Dabara et al., 2012 – *Dabara, I. D., Augustin, O., Anthony, A. and Kayode A. J.* (2012). Evaluation of the relationship between urbanstructures and flood desaster in Gombe state, *Journal of Suitable Development*, 5(7), 137-148.

Van Western & Hofstee, 2001 – *Van Western C. J. and F. Hofstee* (2001). The role of remote sensing and GIS in risk mapping and damage assessment for disasters in urban areas. *Fernerkundung und Naturkatastrophen*, 442-450. Retrived at <http://training.fema.gov/EMIWeb/edu/docs/hrm/Session%206%20-%20Reading-Remote%20Sensing%20and%20GIS%20in%20Urban%20Areas.pdf>.

Jayasselan, 2006 – *Jeyaseelan A. T.* (2006). Droughts and floods assessment and monitoring using remote sensing and GIS, *Satellite Remote Sensing and GIS. Applications in Agricultural Meteorology*, 291-313.

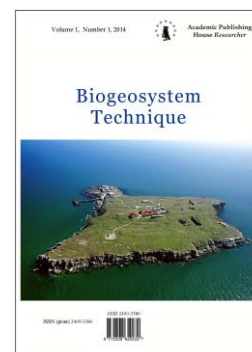
Abdul Kareem, 2014 – *Abdul Kareem S.* (2014). *Carbonate Sequence of Pindiga Formation in Ashaka Quarry, Upper Benue Trough, North East Nigeria.* (Unpublished Masters Thesis), Ahmadu Bello University, Zaria Nigeria.

USGS, 2008 – United States Geological Survey (USGS) (2008). Shuttle Radar Topography Mission. Retrived at <http://srtm.usgs.gov/mission.php>

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
E-ISSN: 2413-7316
Vol. 9, Is. 3, pp. 229-234, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.9.229
www.ejournal19.com



UDC 651

Microbiological Modification of Kaolinite and Montmorillonite Surface: Changes in Physical and Chemical Parameters (Model Experiment)

Evgeny V. Shein ^{a, b, *}, Nadezhda V. Verkhovtseva ^a, Evgeny Yu. Milanovsky ^{a, b}, Anna A. Romanycheva ^a

^a Lomonosov Moscow State University, Russian Federation

^b Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Federation

Abstract

The interaction of microorganisms with mineral part of the soil solid phase determines the number of processes, such as weathering of primary minerals, their destruction or transformation due to the production of organic ligands and acids. The article describes the modification of the surface of the clay minerals kaolinite and montmorillonite by the pure culture of *Bacillus circulans*, capable of removing silicon and potassium from the minerals. After two months of culturing the bacteria in a clay medium, where the clay minerals were the source of potassium, the surfaces properties (contact angle, surface area) and microaggregate composition of clays were changed. The composition of the microbial community was reconstructed according to the microbial markers (fatty acids and their derivatives—fatty hydroxyacids and aldehydes) that were determined after the acid methanolysis of the samples using the molecular method of gas chromatography–mass-spectrometry. It is shown that the result of adsorption of bacteria and their metabolites and the formation of tightly bound microbial biofilm on the surface of a solid mineral phase was the clay surface hydrophobization. Sorption of bacterial metabolic products on the clay surface causes a decrease in the specific surface area, contact angle and C/N ratio. The formation of stable microaggregates with a diameter of about 30 mkm was noted. The role and importance of microorganisms in the changing mineral surface and in the initial stage of formation of aggregate waterproof structure are highlights.

Keywords: microorganisms-mineral interactions, contact angle, microaggregate formation, clay specific surface.

1. Introduction

Physical and chemical properties of the surface of the soil solid phase largely determine the transport and sorption/desorption of the substances in the soil solution. It depends on the properties of the surface of the spatial distribution of solutes and gases in the soil and their accessibility to the soil biota, in particular for plants and microorganisms. The role of microorganisms emphasized primarily in the formation of soil structure and nutrient availability to plants. In 90-ies of the last century there were even the first mathematical models for the effects of

* Corresponding author

E-mail addresses: evgeny.shein@gmail.com (E. Shein)

microorganisms in the processes of decomposition of organic matter and the formation of soil structure (Van Veen and Paul, 1981; Van Veen et al., 1985; Van Veen and Kuikman, 1990). However, the conventional physically-based mechanisms of microorganisms influence on the creation of water stable soil structure, the formation of microaggregates so not offered to date. The interaction of microorganisms with mineral part of the soil determines the number of processes in the soil, such as weathering of primary minerals, their destruction or transformation due to the production of organic ligands and acids, which allows them to produce so weathering products for its operation, such as potassium from biotite (Shelobolina et al., 2012; Hazen et al., 2013; Simon et al., 2014) and demonstrate that biofilms can exert an effective control on clay mineralogy (Cuadros et al., 2013). Microorganisms themselves are undergoing the morphological changes. Since silicate bacterium *Bacillus mucilaginosus* forms flagella in the presence of bentonite mineral (Yun Zhu et al., 2011) from which they free Si and Al in the soil solution, reducing communication Al-O-H and Si-O-Si in the mineral. It describes in detail the mechanism of transformation of basalt for chemolithoautotrophic microorganisms that oxidize Fe (II) species as a source of energy, and using rocks NO₃ as electron acceptor (Shrenk et al., 2011). Microbial transformation of the surface of the soil solid phase affects many processes occurring in the soil, including infiltration, preferential flows and runoff, which depends on the wettability of solids with water, numerically characterized by the contact angle (CA) (Shein, 2010).

Changing the wettability of the solid phase from the soil depends on the hydrophilic-hydrophobic properties of soil organic matter, including the specific organic substances produced by microorganisms, as shown in numerous experimental studies middle of the last century (Vershinin et al., 1959). So in the thesis (Lyapshina, 1952, cited by Basic agrofiziki, 1959) on the role of microorganisms in the formation of soil structure, the conclusion is made that the creation of water-stable soil structure due to the activity of fungi and anaerobic bacteria – butyric, denitrifying and anaerobic cellulolytic and facultative anaerobic ammonifiers. According to current data, using molecular techniques refined their species Mass spectrometry of microbial markers (MSMM data) confirm that anaerobes of *Clostridium* and *Propionibacterium*, and aerobe actinobacteria of *Rhodococcus* and *Mycobacterium* are dominant in soil. Such species as *Acetobacter diazotrophicus*, *Bacillus* sp., *Bifidobacterium* sp., *Lactobacillus rhamnosus* and *Clostridium* spp. are always present in the microbial community of soils. Questions concerning the potential effects on plant health (the oxygen content, redox potential, water activity, concentration of nutritious elements) and soil biofertilization (formation of water-stable aggregates, humus preservation) in agricultural systems are considered (Verkhovtseva et al., 2014). The favorable structure of the pore space in heavy textured soils with the low humus content is suggested to be stipulated by the activity of the numerous and diverse representatives of soil biota. Four phyla predominate in the microbiological composition of the soils studied; among them, *Actinobacteria* is the dominant. The composition of this phylum is dominated by the elevated number of both higher (*Streptomyces*) and lower (three species of *Rhodococcus*) actinobacteria (Shein et al., 2014).

When the content of soil organic matter (SOM) > 2 % there was a direct linear relationship between the SOM and the boundary wetting angle. In the range $0 < \text{SOM} < 1\%$ of the variability observed extremal value of the contact angle of 0° to 90° (Bachmann et al., 2008). The reason for varying the degree of surface hydrophobicity authors relate to the spatial organization of organic compounds on the surface of the mineral particles. At low levels of SOC hydrophilic groups organic molecules are directed to the active centers of the mineral particles surfaces. In the "flat" molecular layer, most of the hydrophobic molecules are oriented outwardly zones, hydrophobicity of mineral surface increases. With the increase in the organic load, the spatial structure of molecules of SOM rarefied plane orientation is changed to a vertical tight. Here again is an increase in surface wettability. At a high RH/mineral, the outer surface of a separate "molecular layer" can interact "with excess" SOM molecules, forming a second molecular layer. The outer surface again becomes hydrophobic. This process can also be linked to formation of biofilms of microorganisms on mineral soil. As it was shown (Fucamizo et al., 2005), some strains of *Bacillus circulans*, who possessed chitinase activity in communication with the substrate through lysine residues of amino acids (mostly) and tyrosine (less), which provides a special kind of stacking cells or hydrogen bond. Physical modeling transformation surface of the individual minerals pure cultures of microorganisms, allows us to study this process in more detail.

The purpose of this study was to examine changes in the physical characteristics of the surface of the two primary minerals solid soil phase (kaolinite and montmorillonite) under the influence of silicate bacterium *Bacillus circulans*. The objectives were to (1) create a model system controlled the mineral-microorganisms with known initial properties, (2) control of microorganisms in terms of a model system, and (3) to register the change in the surface state of the mineral solids (the contact wetting angle).

2. Materials and methods

Objects of study. We used highlighted with river sand surface strain *Bacillus circulans*, which had the ability to interact with silicates in accordance with its habitat isolation and possessed the ability to chitinase activity. Kaolinite and montmorillonite – clay minerals that brought in nutrient medium for a bacterium. At the same time, there was a transformation of their surface.

Culture media and culture conditions. In the model experiment, the culture medium for the isolation of silicate bacteria (breeding ground by Aleksandrov, 1953), where as potassium silicate source was added kaolinite and montmorillonite, the following composition, (g/l): starch – 20.0, kaolinite/montmorillonite – 2.0, CaCO_3 - 2.0, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – 1.5, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.15, NaCl – 0.15, MnSO_4 – 0.05, FeSO_4 – 0.05, water. The medium was sterilized for 20 minutes in an autoclave at 1 atm, $\text{pH} \approx 7.0$. The sterile medium was added nystatin (1 g/liter) to inhibit fungal growth. The test was conducted 3 times repeatedly.

Experimental Set. Microbial suspension *Bacillus circulans* (1 % vol) was inoculated in flasks $V = 1000$ ml where 200 ml of breeding ground were placed for silicate bacteria. This ratio (volume flask/volume ground) provided a weak aeration mode when this culture was performed without forced aeration. Flask was equipped with replaceable tool receiving sterile test tubes for sampling the culture medium and its analysis (after centrifugation to separate the clay mineral) for protein content, and the construction of growth curves. Cultured at 28 °C for 2 months. According to the growth curve of the culture of that time it remained on the stationary phase. Minerals after culturing were separated by centrifugation, washed with distilled water several times and dried. Next, they were used for determining the wetting contact angle (CA), the specific surface area by nitrogen desorption (m^2/g), as well as nitrogen content, organic carbon (C_{org} , %) and the ratio (C/N), on the surface of clay minerals.

Contact angles determination was performed by static sedentary drops on digital protractor (Analysis System drop shape, DSA100, Krüss, Germany) equipped with a video camera and software.

The particle size composition was determined using the laser diffraction method and a FRITSCH Analysette 22 device with the preliminary treatment of the samples with ultrasound in pure water. The contents of C and N were measured using a CNHS analyzer (Vario EL III Elementar) for solid samples. The composition of the microbial community was reconstructed according to the microbial markers (fatty acids and their derivatives-fatty hydroxyacids and aldehydes) that were determined after the acid methanolysis of the soil samples using the molecular method of gas chromatography-mass-spectrometry (GC-MS). The analysis was performed using a GC-MS system (HP-5973 Agilent Technologies, USA). This methodology is described in detail in (Osipov, Turova, 1997; Shekhovtsova et al., 2003). The organic carbon content was determined on an automatic analyzer (AN-7529) at the temperature of 900-1000 °C in the flow of purified oxygen (Shein et al, 2009). The specific surface was also determined by the method of the heat desorption of gases (nitrogen) with the help of a SORBTOMETER_M device and particle size distribution in the fraction <0.25 mm was determined on a FRITSCH Analysette-22 laser diffraction-meter after the ultrasonic pretreatment (Shein et al., 2009).

3. Results and discussion

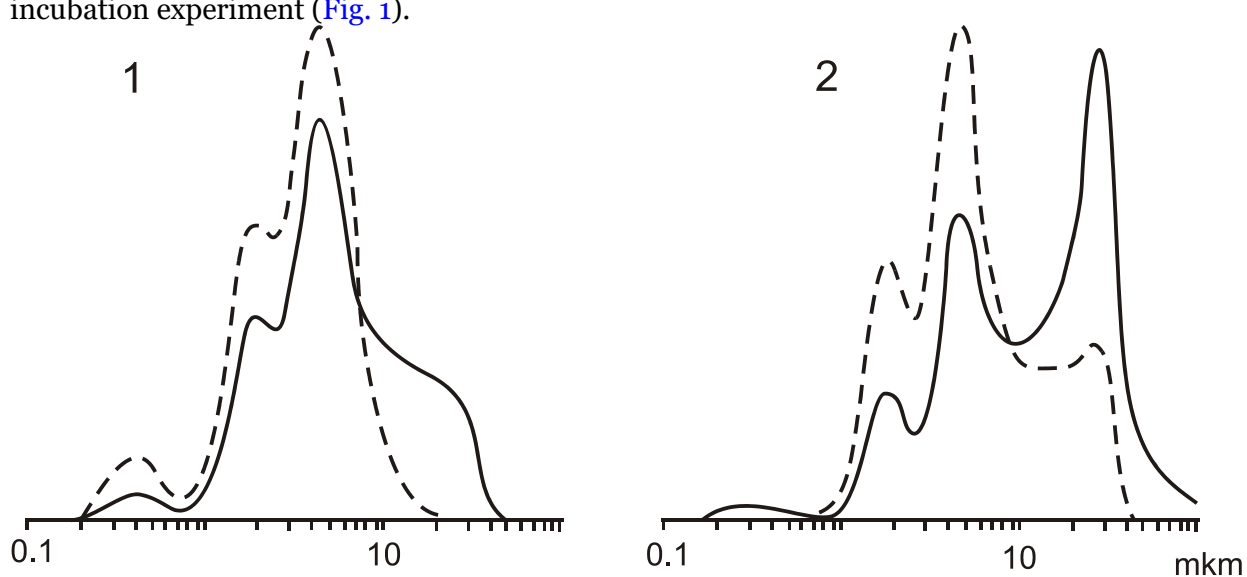
Sorption on the clay surface of the bacteria metabolic products causes a decrease in the specific surface area and eliminates the differences in the surface area of CA the original minerals. The measured values of CA of the initial forms of clay minerals indicate a better wettability of the surface of kaolinite (Table 1).

Table 1. Some analytical characteristics of the clay minerals in their modification in the culture medium after cultivation of *Bacillus circulans*

Minerals	Sample	C, %	C/N	Surface area, m ² /g	Contact angles, °
Kaolinite	initial forms	0.39	19.5	11.01	30.8
	after incubation	7.82	6.6	6.02	54.5
Montmorillonite	initial forms	0.42	21.0	49.29	48.4
	after incubation	6.33	4.9	14.03	67.7

According to the literature, the contact angle wettability of the kaolinite is 27.8 °, montmorillonite – 55.7 °. Thus, *Bacillus circulans*, was sorbed on the surface of kaolinite and montmorillonite and thanks to the ability to extract silicon from minerals led to modification of their surface that increased their hydrophobicity. The organic matter sorbed on mineral surface was characterized by C/N ratio, which is characteristic of the organic matter of bacteria (Zavarzin, 2003) – about five, which confirms our assumption about the formation of tightly bound microbial biofilm on the surface of a solid mineral phase.

Integral due to a decrease of the specific surface of clay minerals during the growth of their hydrophobic properties is the formation of a very stable microaggregates fractions with a diameter of about 30 mkm, which is absent in samples of kaolinite and montmorillonite from mild to incubation experiment (Fig. 1).

**Fig. 1.** Size distribution of kaolinite (1) and montmorillonite (2) particles: original (dashed line) and after incubation with the bacteria (solid line).

Processes of interparticulate bonds formation, ensuring the stability of the fractions under intense ultrasonic dispersion, require further research. At this stage, it can be assumed adhesion contacts between the organic matter sorbed on the surface of minerals. Microaggregates formation should lead to the development of the pore structure in the clay minerals and these pores will be the main channels for the root exudates, water and matter transport in soil (Ashman et al., 2003). These conditions favor the specific functioning of soil biota; microorganisms may participate in the transport of various ions (Ca, Fe, etc.), and new interparticle bonds of crystallization type are formed; in turn, these bonds strengthen the first aggregates and contribute to the development of specific water stable structure. Assumptions about the nature of the relationship of microbial organic matter with the mineral surface can be based on the research of Japanese scientists (Fucamizo et al., 2005), which showed that some strains of *Bacillus circulans*, who possessed

chitinase activity in communication with the substrate through lysine amino acid residues (mainly) and tyrosine (less), which was provided by a special type of cell stacking or stacking hydrogen bond.

4. Conclusions

In special laboratory experiments, special suspensions of kaolinite and montmorillonite were inoculated by silicate *Bacillus circulans* and then cultured at 28 °C for 2 months. According to the growth curve of the culture of that time it remained on the stationary phase. Minerals after culturing were separated by centrifugation, washed with distilled water several times and dried. After inoculation phase minerals have been investigated by the value of the contact angle, the specific surface area by nitrogen desorption, and the concentration of the fractions of microaggregates. It was shown that due to the bacteria, the formation of microaggregates was noted and the most intense for montmorillonite in suspension, which revealed a maximum, content of 20–30 mkm microaggregates. The suspension of kaolinite also found an increase in this fraction, however, is not so noticeable. There was a significant increase in the contact angle and the reduction of the specific surface minerals after cultivation of silicate *Bacillus*. The formation of stable microaggregates may be associated with an increase in adhesion contacts between the organic matters, sorbed on the surface of minerals. The role and importance of microorganisms in the changing mineral surface and in the initial stage of formation of aggregate waterproof structure is highlights. It is assumed that the formation of macroaggregates should lead to the development of the pore structure. On the next stage soil pores will be the main channels by which plant roots, root exudates and largely determine the transport and sorption / desorption of the substances in ecosystems.

5. Acknowledgments

This work was supported by the Russian Scientific Fund (the project № 14-16-00065). The authors also wish to thank Russian Scientific Fund for funding the project № 14-16-00065 and financial support of the paper by *Evgeny V. Shein, Galina V. Kharitonova, Evgeny Yu. Milanovsky* (2016). Aggregation of Natural Disperse Formations: Value of Organic Matter, Soluble Salts and Diatoms // *Biogeosystem Technique*, vol. 7, Is. 1, pp. 77-86, DOI:10.13187/bgt.2016.7.77

References

- [Aleksandrov, 1953](#) – *Aleksandrov V.G* (1953). Silicate bacteria. Moscow: Selkhozgiz, (in Russ).
- [Ashman et al., 2003](#) – *Ashman M.R., P.D. Hallett, P.C. Brookes* (2003). Are the links between soil aggregate size class, soil organic matter and respiration rate artefacts of the fractionation procedure? *Soil Biology & Biochemistry* 35 (2003) 435–444.
- [Bachmann et al, 2008](#) – *Bachmann J., G.Uggenberger, T. Baumgartl, R. H. Ellerbrock, E. Urbanek, M-O. Goebel, K. Kaiser, R. Horn6, W. R. Fischer* (2008). hysical carbon-sequestration mechanisms under special consideration of soil wettability // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 171, 14–26.
- [Basic agrofiziki, 1959](#) – *Basics agrofizik* (1959). Pod red. A.F. Joffe. Fizmatgiz. M. (in Russ)
- [Cuadros et al, 2013](#) – *Cuadros J., B.Afsin, P. Jadubansa, M. Ardakani, C. Ascaso, J. Wierzchos* (2013). Microbial and inorganic control on the composition of clay from volcanic glass alteration experiments. *American Mineralogist*, Feb; 98: 319–334.
- [Fucamizo et al., 2005](#) – *Fukamizo T., Amano S., Yamaguchi K., Yoshikawa T., Katsumi T., Saito Jun-Ichi, Suzuki M., Miki K, Nagata Yo, Ando A.* (2005). *Bacillus circulans* MH-K1 Chitosanase: Amino Acid Residues Responsible for Substrate Binding // *J. Biochem.* 138: 563–569.
- [Hazen et al, 2013](#) – *Hazen R.M, R.T. Downs, L.Kah, D. Sverjensky.* (2013). Carbon Mineral Evolution. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 75: 79-107.
- [Pevzner, L.A.](#) (2003). Analysis of lipid biomarkers in rocks of the Archean crystalline basement. In: *Proceedings of SPIE.* 4939. 160–168.
- [Osipov, Turova, 1997](#) – *Osipov, G.A., Turova, E.S.* (1997). Studying species composition of microbial communities with the use of gas chromatography-mass spectrometry. *Microbial community of kaolin.* *FEMS Microbiol Rev.* 20: 437-446.

Shrenk et al., 2011 – Schrenk M.O., Huber JA, Edwards KJ. (2010). Microbial provinces in the Subseafloor // *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2: 279–304.

Shein et al., 2014 – Shein E.V., S. A. Erol, E. Yu. Milanovskii, N. V. Verkhovtseva, F. D. Mikayilov, F. Er, and S. Ersahin (2014). Agrophysical Assessment of Alluvial Calcareous Soils of the Cumra Region of Central Anatolia in Turkey. *Eurasian Soil Science*, Vol. 47, No. 7, pp. 694–698.

Shein et al., 2009 – Shein E. V., T. Sakunkonchak, E. Yu. Milanovskii, D. D. Khaidapova, M. A. Mazirov, and N. F. Khokhlov (2009). Physical Properties of Soddy Podzolic Soils in a Long Term Field Experiment. *Moscow University Soil Science Bulletin*, Vol. 64, No. 4, pp. 194–201.

Shein, 2010 – Shein E. V. (2010). Soil Hydrology: Stage of Development, Current State, and Nearest Prospects. *Eurasian Soil Science*, Vol. 43, No. 2, pp. 158–167.

Shekhovtsova et al., 2003 – Shekhovtsova, N.V., Osipov, G.A., Verkhovtseva, N.V., Pevzner, L.A. (2003). Analysis of lipid biomarkers in rocks of the Archean crystalline basement. In: *Proceedings of SPIE*. 4939. 160-168.

Shelobolina et al., 2012 – Shelobolina E., Huifang Xu, Konishi, H., Kukkadapu R., Tao Wu, Blöthe M., Rodena E. (2012). Lithotrophic Oxidation of Structural Fe (II) in Biotite. *Applied and Environmental Microbiology* p. 5746-5752 V. N 78 16.

Simon et al., 2014 – Simon A., F. Darroch, M. Laflamme, J. D. Schiffbauer, D. E. G. Briggs (2014). Experimental formation of a microbial death mask. *American Mineralogist*, Feb; 99:343–354.

Van Veen and Kuikman, 1990 – Van Veen, J.A., and P.J. Kuikman (1990). Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry* 11: 213–233. doi:10.1007/BF00004497

Van Veen et al., 1985 – Van Veen, J.A., J.N. Ladd, and M. Amato (1985). Turnover of carbon and nitrogen through the microbial biomass in a sandy loam and a clay soil incubated with [¹⁴C(U)]glucose and [¹⁵N](NH₄)₂SO₄ under different moisture regimes. *Soil Biol. Biochem.* 17:747–756. doi:10.1016/0038-0717(85)90128-2

Van Veen and Paul, 1981 – Van Veen, J.A., and E.A. Paul (1981). Organic-carbon dynamics in grassland soils. 1. Background information and computer-simulation. *Can. J. Soil Sci.* 61:185–201. doi:10.4141/cjss81-024.

Verkhovtseva et al., 2014 – Verkhovtseva N., Milanovskiy E., Shein E., Larina G. (2014). The role of probiotic microorganisms in the control of health and fertility of soil. Book of Proceedings 9th International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization", p. 682–688.

Vershinin et al., 1959 – Vershinin P., Melnikov MK, Michurin BN, Moshkov BS, Belts NP, Chudnovsky AF. (1959). In "Basics agrophysics". Ed. A.F. Joffe, Moscow: Fizmatgiz. (In Russ)

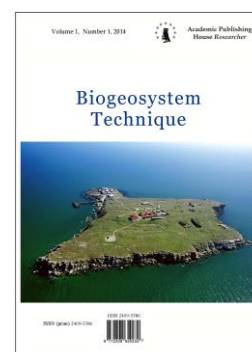
Yun Zhu et al., 2011 – Yun Zhu, Yan Li, Anhuai Lu, Haoran Wang, Xiaoxue Yang, Changqiu Wang, Weizheng Cao, Qinghua Wang, Xiaolei Zhang, Danmei Pan, Xiaohong Pan (2011). Study of the interaction between bentonite and a strain of *Bacillus mucilaginosus* // *Clays and Clay Minerals*, V. 59, I. 5, p. 538–545.

Zavarzin, 2003 – Zavarzin GA (2003). Lectures on natural sciences of microbiology. Moscow: Nauka, 348 p. (In Russ).

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
E-ISSN: 2413-7316
Vol. 9, Is. 3, pp. 235-246, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.9.235
www.ejournal19.com



UDC 633/635:551.58

Conceptual Vectors of South Ukraine Plant-Grower Industry Development in Terms of Modern Climatic Transformation

Alexander Zhuykov ^{a, *}^a Kherson State Agricultural University, Kherson, Ukraine

Abstract

The analysis is presented of basic agroclimatic indexes characterizing the weather terms of South Ukraine – average monthly air temperature and amount of atmospheric fallouts, as the factors, stipulating stability of plant-grower industry in the agro-climatic zone of research fulfilled.

For the last 8–10 years of supervisions, the agroclimatic zone weather terms changed substantially. The main concern is the increase of average annual temperature of air – it became for 1.3–1.5°C higher. It appears on the background of decline of average atmospheric fallouts, and change of its vegetation period distribution as well.

According to obtained results, the maintenance of plant-grower industry of region demands the diversification of technologies. The key moment is the necessity to take the following: transfer the date of winter crops sowing (wheat, barley, rape) to later periods, which former were considered as critical in agronomical terms (the III ten-day period of October); revision of the planting system's base elements; introducing to crop rotations more ecologically plastic alternative grain, leguminous and oil-bearing crops able to form the economically expedient level of productivity in unfavorable growing conditions, which are critical according to actual hydrothermal coefficient terms (flax oily, types of mustard, chick-pea, sorghum).

Keywords: change of climate, agroclimatic indexes, temperature of air, atmospheric fallouts, hydrothermal coefficient, terms of sowing, planting system, alternative cultures.

1. Введение

Флуктуации климата значимы для краткосрочного и долгосрочного прогноза развития экономики (Brönnimann et al., 2008; Deke et al., 2001; Fankhauser et al., 1999; Greiner, 2005; Jones, 2002; Kondratyev et al., 2003; Leemans and Eickhout, 2004), они связаны с устойчивостью геосфер (Blunier et al., 2012; Continents under climate change, 2010; Lionello et al., 2005; Letcher, 2009; Natural forcing factors for climate change, 2002), биосферы, агросферы (Drewniak et al., 2015; Lousteau, 2010; Mitloehner, 2014; Yuan et al., 2014) и геохимического цикла вещества Земли (Batukaev et al., 2016; Kalinitchenko, 2016; Kalinitchenko et al., 2016). На текущий момент для большинства деятелей науки и производителей все более очевидна проблема конфликта биосферы и агроэкосистем (Glazko, Glazko, 2015),

* Corresponding author

E-mail addresses: docent6977@gmail.com (A. Zhuykov)

прогрессирующего снижения эффективности функционирования агропромышленного комплекса и, в частности, растениеводческой отрасли как части экономики (Адаменко, 2014; Второе национальное сообщение, 2016). Частью причины ситуации лежат на поверхности, их классифицируют следующим образом:

- агротехнологические: прогрессирующее нарушение отработанных годами систем севооборотов, злоупотребление повторными посевами и, нередко, монокультурой, низкий общий уровень агротехники и культуры земледелия, потеря уровня плодородия почвы на фоне пренебрежения законами классического земледелия, консервативность в вопросе разработки структуры посевных площадей, которая заключается в приоритетности выращивания экономически привлекательных культур, которые нередко не являются таковыми, что улучшают общее экологическое положение агроландшафтов (Степанов, Рубель, 2016; Бобылев, 2003; Голицын, 2006);

- организационно-экономические – в первую очередь, это не взвешенная государственная позиция относительно поддержки отечественных сельхозтоваропроизводителей, сложность, непрозрачность и недостаточная действенность существующих кредитных механизмов, неадекватность ценовой политики на сельскохозяйственное сырье, конъюнктурность в принятии управленческих решений на уровне региона и отдельных хозяйств, отсутствие даже базовых агрономических знаний и навыков у определенной части землепользователей, их неудовлетворительное материально-ресурсное состояние, разработка стратегий развития хозяйств по остаточному принципу (National Policy, 2008);

- нормативно-правовые: не отработан и архаичен правовой инструментарий относительно собственности, аренды, субаренды, ренты, наследования сельхозтоваропроизводителями земельных массивов.

Кроме перечисленных причин неудовлетворительного состояния растениеводческой отрасли, на наш взгляд, отдельно следует рассматривать такой фактор, который принуждает достаточно радикально пересмотреть существующие подходы к ведению агропроизводственной деятельности государства в целом и региона в частности. Это существенные климатические изменения, которые являются типичными для зоны Южной Степи (Логинов, 2003), следуют за динамикой климата различной периодичности, подвержены антропогенным воздействиям. Необходимость анализировать и принимать во внимание в агрономической практике климатический фактор обусловлена тем, что имеется очень мало современных возможностей адаптации к нему на современном этапе развития мировых аграрных технологий. Но, тем не менее, максимальная адаптация производственных процессов в растениеводстве к агроклиматическим особенностям региона, динамике климата, является неотложной задачей (Монин, Сонечкин, 2005).

Актуальная проблема – прогрессирующее изменение погодных условий как в целом на Украине, так и, в частности, в зоне Южной Степи. Ухудшается значение основного показателя, который предопределяет стабильность функционирования отрасли растениеводства – гидротермического коэффициента (ГТК) (Порфирьев, 2011). Значительное внимание уделяют также проблеме дефицита воздушной и почвенной влаги на фоне высоких и критических дневных температур воздуха на протяжении вегетационного периода, также отдельных этапов органогенеза ведущих зерновых и технических культур агроценозов Юга Украины (Сиротенко, 2007; Васильчук, 2004).

Однако, на наш взгляд, одновременно с неопровержимой научной взвешенностью и принципиальностью упомянутых исследований, следует отметить то обстоятельство, что в большинстве из них период, за который анализируются изменения погодных условий, не превышает 10–15 лет, а путям решения проблемы, которые предлагаются, недостает соответствия ресурсному потенциалу хозяйств региона.

2. Материалы и методы

Материалом для статьи послужили данные метеостанции, расположенной на территории Института орошаемого земледелия НААН Украины, данные об урожайности зерновых, зернобобовых и технических культур по опытным хозяйствам института.

Использованы следующие методы: исторический – для ретроспективного анализа значений климатических данных региона, опыта отечественных и зарубежных авторов в

вопросе научного обоснования и практического обеспечения технологий выращивания основных сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата; полевой кратковременный одно, двух и трехфакторный эксперимент – для определения урожайности, обеспечения биометрических наблюдений и сопутствующих исследований; статистический – проведение дисперсионного анализа и статистической обработки урожайных данных и результатов сопутствующих наблюдений; расчетно-конструктивный, прогнозирования и моделирования – при создании моделей, отражающих структурные изменения и причинно-следственные взаимосвязи в случае дискретного характера показателей технологических приемов выращивания, изучении и обосновании методов и способов получения высоких и устойчивых урожаев культур.

3. Результаты и обсуждение

В последние десятилетия для погодных условий региона характерным является ориентация их вектора в сторону засушливости. Климата в целом можно охарактеризовать изменением с умеренно-континентального до резко-континентального, в отдельные годы, с точки зрения режима увлажнения, – вплоть до полупустынного.

Так, в сравнении с 1980-ми годами, среднесуточная температура воздуха повысилась на 1,8 °С, что обусловило увеличение длительности осенней вегетации озимых культур на 12–15 суток (табл. 1). Показательным в этом смысле является осенний период 2015 года, когда осенний безморозный период оказался продленным практически на 30 суток.

Таблица 1. Среднемесячная температура воздуха за последние 40 лет по данным метеорологической станции г. Херсона, °С

Год	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1976	-3	-7,1	0,8	11,3	14,2	18,2	20,1	18,5	15,4	6,3	3,6	0,7	8,3
1977	-5,8	3,5	3,8	9,6	15,5	18,4	21,1	20,3	14,4	8,2	7,2	-2,9	9,4
1978	-4	-0,7	4,8	9,6	14,1	18,5	20,4	19,6	16	10,5	4,9	-2,9	9,2
1979	-1,3	-1,8	4,6	8,8	19,3	22,1	20	21,6	16,8	7,5	4,1	2,1	10,3
1980	-4,4	-1,9	-0,1	8,4	13,9	18,6	21,7	19,8	14,9	10,6	5,1	2,3	9,1
1981	0	0,6	3,5	7,3	15	22,5	22,8	21,7	16,5	12,2	4,3	3,3	10,8
1982	-2,7	-3,5	2,3	8,6	16,2	18,9	19,9	21,7	17,9	9,5	4	3,5	9,7
1983	0,1	-0,6	3,6	11,9	18,1	19,7	21,8	20	17,5	9,7	2,4	-1,2	10,3
1984	1	-3,2	1,9	9,3	17,3	18,7	20,7	19,6	18,2	11,9	2,5	-3,1	9,6
1985	-4,2	-12,6	-3,5	9,8	17,9	18,4	20	22,6	14,4	8,4	2,8	-0,4	7,8
1986	0,4	-5,4	2,7	11,6	16,1	20,4	21,6	23,1	17	9,3	1,9	-2,2	9,7
1987	-8,3	-3,1	-5,3	5,8	14,8	19,5	23,2	19,2	15,5	8,8	4,5	-1,4	7,8
1988	-3	-1,1	3,6	9,6	15,3	19,8	23,6	22,1	16	8,8	-0,7	-1,3	9,4
1989	0,1	2,5	6,5	12,4	15,4	20,2	21,5	23,4	16,2	10,8	2,5	1,1	11,1
1990	0,1	2,6	6,9	10,6	14,9	19,2	22,1	20,8	15,4	9,9	8	0,6	10,9
1991	0,1	-4,6	2,1	10,1	14,7	21,2	24,4	21,5	16,7	12,3	3,9	-2,1	10,0
1992	-1,5	-2,1	4,4	8,8	14,6	19,5	21,7	24,9	15	10,2	4,5	-2,4	9,8
1993	-1,5	-1,6	2,2	8,8	16,3	18,7	20,4	21,3	15,3	10,5	-3,4	1,9	9,1
1994	1,9	-3,1	3,4	12	15,5	18,6	24	22,2	20,8	11,7	2,6	-1,4	10,7
1995	-2,3	3,6	4,6	9,6	15	22,2	23,6	21,5	16,5	10,1	2,2	-2,6	10,3
1996	-6,1	-3,5	-0,2	9,4	19	20,4	23,7	21,9	14	10,3	8,3	-1,3	9,7
1997	-6	-2,1	2,4	7,6	16,8	20,6	21,3	19,8	13,5	8,9	5,1	-0,3	9,0
1998	-0,9	0,4	2,9	12,2	16,1	21,2	23,6	22,2	17,2	11,1	1,5	-2,9	10,4
1999	0,1	1,7	5,2	11,3	13,4	23	25,7	22,5	17,5	10,2	2,1	3,4	11,3
2000	-3,2	0,7	3,7	13	15,9	19,7	22,4	22,7	14,9	10	5,6	3,1	10,7
2001	1,4	-0,1	5,2	11,4	14,4	18,6	26,5	23,9	17,3	10,8	4,7	-4,5	10,8
2002	-2,3	4,3	6,4	9,9	17,3	20,6	26,6	22,4	18,1	10,2	6,3	-6,3	11,1
2003	-2,6	-6,3	0,3	8,4	19,5	20,3	21,5	22,6	16	10,1	5,5	1,3	9,7

2004	-0,3	-0,3	5,3	10,2	14,9	18,6	22,6	21,4	17,1	10,8	5,5	2,5	10,7
2005	1,5	-2,1	1,5	10,8	17,9	19,6	23,3	23,3	19,1	10,7	4,5	1,9	11,0
2006	-7	-3,8	3,6	10,6	15,3	21,3	22,5	24,2	18	11,7	4,8	2,8	10,3
2007	3,8	-0,3	6	9,6	19,4	23,6	25,7	25,5	17,4	12,3	3	0,6	12,2
2008	-3,7	0,7	6,6	11,4	14,9	21,1	22,8	24,3	16,3	12	5,6	0,7	11,1
2009	-1,5	1,8	4,2	10,3	16	22,5	24,4	21,8	18,4	12,2	6,6	0,5	11,4
2010	-4,2	-0,9	3,4	10,8	17,5	22,6	24,7	26,1	17,8	7,9	10,5	1,6	11,5
2011	-2,8	-3,8	2,4	9,7	16,8	21,4	24,7	22,3	18,4	9,5	2,2	3,8	10,4
2012	-1,7	-7,4	2,5	13,2	20,8	23,4	26,6	23,6	19,1	14,7	6,6	-0,9	11,7
2013	-0,4	2,3	3,1	11,9	20,7	23	23,2	24,2	15,1	9,3	7,5	0,5	11,7
2014	-1,5	0,1	7,4	11,5	18,0	20,8	25,1	24,5	18,4	9,3	3,3	0,8	11,9
2015	-0,4	0,8	5,2	9,3	17,0	20,0	23,4	24,2	20,9	9,4	7,3	2,3	11,6
2016	-3,6	4,0	6,3	12,6	18,5	22,1	24,4	24,7	-	-	-	-	-
Ср. МНОГОЛ.	-2,2	-1,8	3,3	10,0	16,0	19,9	21,9	21,3	16,4	9,8	4,4	1,9	10,8

Не менее существенные изменения отмечены в общем количестве атмосферных осадков в течение года, и, что самое главное, характера и равномерности их распределения на протяжении вегетационного периода (табл. 2). В то же время эти явления сопровождалось значительным дефицитом почвенной влаги в период август – первая половина сентября. Это, в свою очередь, не позволило получить дружные и ранние всходы озимых культур, высеянных в традиционные сроки, какие еще несколько десятков лет назад были для озимого рапса 20–25 августа, озимых колосовых – 15–25 сентября.

Таблица 2. Количество атмосферных осадков за последние 40 лет по данным метеорологической станции г. Херсона, мм

Год	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1976	36	2,5	26,2	16,6	13	55,1	51,2	105,2	95,2	5	21,1	42,9	470,0
1977	35,1	39,6	15,3	93	46,9	60,2	110,1	96,5	13	15,4	55,2	48,3	628,6
1978	13,6	56,6	54,1	51,1	48,5	49,8	75,6	16,1	67,1	26,6	12,9	36,1	508,1
1979	77,6	40,8	45,6	34,3	104,5	4,1	57,2	31	42	49,5	43,6	22,2	552,4
1980	43,6	10,3	87,9	72,6	52	61,4	3,7	27,7	58	51,9	60,8	25,2	555,1
1981	50,3	33,6	23,3	51,5	78,4	5,3	30,5	33,8	21,9	31,5	96,3	71,3	527,7
1982	16,5	14,8	21,3	36	16,6	65,1	125,4	26,6	16,6	45,2	7,9	18,1	410,1
1983	11,8	23,7	11,1	21,8	33,2	54,7	65,1	92,3	1,7	21,8	14,7	18	369,9
1984	36,4	41,4	44,5	62	7	27,2	24,7	73,8	9,5	35,2	63,8	12,6	438,1
1985	26,3	69,4	16,3	41,1	41,6	95,5	117,8	10,3	54,1	31,8	47,2	18,3	572,7
1986	66,7	36,7	1,5	36,7	35,9	46,8	34,3	2,7	7,3	65,6	2,5	43	379,7
1987	62,3	12,6	21,7	33,2	45,1	34	19,2	32,7	57,9	8,2	41,9	33,8	402,6
1988	13,3	15,7	49	44,3	45,4	70,6	86,8	4	118	57	47,3	48,6	600,0
1989	6,3	16,2	14,5	17,6	39	30,1	1	24,7	85	21,2	14,4	14,2	284,2
1990	19,9	36,2	3,4	34,4	40,6	23,6	97,3	15	61	24,7	14,6	59,3	430,0
1991	17,5	27,4	1,8	17,5	59	81,4	38,9	23,7	9,6	30,6	8,2	36,3	351,9
1992	12,9	29,2	23	5,5	35,3	61,4	34,2	0	31,6	55,1	54,2	13,1	355,5
1993	4,1	24	38,4	49,5	34	33,2	21,9	9,8	35,4	10,1	11	38,1	309,5
1994	12	3,7	21,6	68,7	28	44,5	1,8	79,7	5,2	9,8	33,2	16,7	324,9
1995	61,9	26,4	48,8	55	59,4	30,7	2,4	55,9	71,9	16,6	75,8	36,5	541,3
1996	23,5	42,3	23,3	24,2	27,4	16,7	11,5	25,4	107,9	7,8	30,3	51,7	392,0
1997	12,4	24	39,5	51,2	26,5	100,9	124,2	115,8	8	45,3	49,6	81,6	679,0
1998	32,9	18,6	46,1	25,6	143,3	74,9	19,8	13,8	21,7	25,4	61,8	12,7	496,6
1999	43,3	28,9	30,7	26,2	47,7	52,5	8,7	12,9	68,4	13,6	64,7	68,5	466,1
2000	28,4	25	27,7	31,2	20,8	67,1	93,1	38,9	120,2	7,1	13,2	15,7	488,4

2001	16,5	38,1	66,2	39,1	38	57,5	19	15,8	74,8	34,7	50	25,6	475,3
2002	10,2	22,3	48,7	11,7	7,1	62,9	38,6	18,2	38,9	72,6	40,8	9,9	381,9
2003	48,3	48,6	44,6	14	54,1	39,2	67,7	46,9	4,9	45,7	23,7	20,4	458,1
2004	59,6	32,9	14	13,1	96,8	54,3	101,9	120,3	20,5	42,8	47,7	52,6	656,5
2005	25,4	78,9	15,2	16,4	17,3	79,6	34,9	58,8	9,8	10,8	40,1	79,6	466,8
2006	20,4	12,4	71,9	8,2	47,1	62	5,9	39,5	19,5	6,4	25,9	2	321,2
2007	48,1	25,4	14,8	23,2	10,2	24	12,8	28,9	44,4	53,7	73,2	23,2	381,9
2008	13	7,8	46,2	62,3	29,7	38,1	137	0,6	83	29,4	22,1	3	472,2
2009	22,3	61,3	23,2	4,6	80,7	78,1	22,3	1	18,9	41,2	31,4	82,1	467,1
2010	72,4	69,3	14,8	11,2	61	77,3	39,4	30,1	66,9	133,7	42,3	67,7	686,1
2011	25,5	10,6	3,8	39,1	36,7	76,2	11	5,4	17,1	7	1	50,3	283,7
2012	70,8	18,7	25,6	5,9	39,6	20,1	40,2	79,2	1,6	27,6	7,1	33,5	369,9
2013	29,6	19,6	38,8	3,7	0,3	79,1	44,1	12,4	43,7	53,3	4	3,7	258,9
2014	40,6	9,6	15,0	29,5	38,2	64,4	19,4	20,7	43,0	34,2	21,5	12,8	348,9
2015	39,8	47,4	55,7	68,8	86,9	38,3	104,6	12,1	4,6	18,6	44,2	2,1	523,1
2016	67,3	30,9	19,5	56,8	20,7	43,0	46,3	26,7	–	–	–	–	–
Сред- нее	33,0	31,0	26,0	33,0	42,0	45,0	49,0	38,0	40,0	28,0	36,0	28,1	463,7

На протяжении последних 18–20 лет результаты научных исследований, практика большинства хозяйств Южной Степи подтверждают, что оптимальными сроками посева рассматриваемых культур являются 25 сентября – 5 октября. Прошлый агрономический сезон засвидетельствовал, что урожайность озимых хлебов, высеянных в «сверхкритические» на первый взгляд сроки (вплоть до конца второй декады октября) почти не уступала урожайности, что была сформирована при посеве культур во вторую половину оптимальных сроков (Голицын, 2006). Естественно, отмеченные обстоятельства вынуждают пересмотреть организацию и проведение посевной кампании, а именно: использовать сорта озимых хлебов с менее длительным периодом яровизации, который даст возможность растениям сформировать оптимальную надземную массу, корневую систему и запас пластичных веществ, обеспечивающий успешную перезимовку культуры. Возникают особенности качественной подготовки почвы к более поздним срокам посева, чтобы получить максимально ранние и дружные всходы. Подлежит коррекции система удобрения и защиты растений от комплекса вредоносных организмов.

На фоне современных климатических трансформаций, которые являются характерными для региона, подлежат изменению агротехнологические подходы к выращиванию озимого рапса (Логинов, 2003). Даже оптимальное для агроклиматической зоны среднемноголетнее значение ГТК за вегетационный период данной культуры не позволяет получать стабильную урожайность без применения орошения, а существенные изменения погодных условий в сторону засушливости, характерные для последнего времени, существенно увеличивают риск неполучения товарных семян рапса. Существенный дефицит почвенной влаги на момент наступления оптимальных сроков сева озимого рапса (а это, обычно, на 2–3 недели раньше сроков сева озимых хлебов) наблюдается практически ежегодно. Запас влаги в слое почвы 0–20 см вместо минимально достаточного 15–18 мм часто составляет 5,5–9 мм. Причем посев культуры не может быть выполнен в сухую почву, как часто вынужденно приходится делать в случае с озимыми хлебами. Морфолого-биологические особенности рапса не дают никаких шансов на то, что органогенез культуры сложится благоприятно, если через какое-то время после посева выпадут атмосферные осадки, поскольку дефицит влаги в почве непосредственно после посева критичен для развития проростков и молодых растений рапса. В результате сроки посева культуры смещают на более поздние, и в данном случае на первый план выступает другая проблема: поздние посевы (I–II и нередко даже III декада сентября), которые даже дали удовлетворительные всходы, не успевают сформировать к моменту прекращения осенней вегетации оптимальный габитус (в первую очередь, прикорневую розетку из 5–6 настоящих листьев и корневую шейку диаметром 6–6,5 мм). Это предопределяет

критическое изреживание или полную гибель массива рапса при перезимовке, прежде всего, от вымерзания на фоне неустойчивого или отсутствующего вообще снежного покрова.

Условия протекания второй половины вегетации озимого рапса также в значительной степени ухудшились в последнее время в связи с изменением климатических условий региона на более засушливые. Очень часто остается неиспользованным существенный резерв повышения семенной производительности культуры за счет плодовых веток II порядка, цветение которых часто совпадает по времени с суховейными явлениями, характерными для погодных условий зоны в период II половина мая – начало июня. Решение проблемы оптимизации условий органогенеза рапса, на наш взгляд, лежит в плоскости создания и интродукции сортов и гибридов озимого рапса, которые бы максимально отвечали агроэкологическим условиям зоны выращивания.

Очерченные выше проблемы, которые являются характерными для растениеводческой отрасли в последнее время и предопределены климатическими флуктуациями, нередко являются основной причиной чрезмерного увлечения сельхозтоваропроизводителей Юга Украины подсолнечником. Типичной является ситуация, когда в случае, если запасы почвенной влаги в осенний период дали возможность провести посев озимых колосовых хлебов в оптимальные сроки лишь на паровых массивах (площади которых в регионе катастрофически уменьшаются), озимые культуры, высеянные в неоптимальные и критически поздние сроки прекратили осеннюю вегетацию в неудовлетворительном состоянии, а озимый рапс по тем же причинам вообще не перезимовал, у земледельцев объективно практически не остается других вариантов улучшения материального положения хозяйства (Васильчук, 2004; Монин, Сонечкин, 2005; Порфирьев, 2011; Сиротенко, 2007). Потому площадь посева подсолнечника в Южной Степи, как и в целом в Украине, за последние годы выросла в почти 5 раз. Это – при снижении средней урожайности культуры на 32 %. В отдельных случаях субъекты ведения хозяйства сознательно идут на нарушение классических требований земледелия, сокращая срок повторного размещения подсолнечника в агроценозе до 3–4 лет, когда научно-обоснованная рекомендованная рекомендация требует перерыва не менее 6–8 лет, нередко допускаются даже повторные посевы. Как альтернативу в данной ситуации мы рассматриваем более активное привлечение в севообороты южного региона не только традиционных, но и малораспространенных, альтернативных культур. Эти культуры, одновременно с высокой экономической эффективностью производства, технологичностью, стабильным спросом на внутреннем и внешнем рынках сельскохозяйственной продукции, при благотворном воздействии на почву, возможностью сохранения профицитного характера баланса органического вещества и элементов минерального питания, улучшением фитосанитарного состояния, обеспечивали бы получение стабильных и гарантированных урожаев товарных и репродукционных семян в условиях жесткого ГТК. Тогда дефицит запасов почвенной влаги в осенний и весенний периоды, почвенная и воздушная засуха на финальных этапах онтогенеза не был столь критичен для состояния и продуктивности агрофитоценоза, чем это имеет место в настоящее время. Полагаем, что решить задачу диверсификации состава агрофитоценозов можно решить, используя виды горчицы – сарептская (*Brassica juncea*), белая (*Brassica alba*), черная (*Brassica nigra*), озимая (*Brassica juncea*), лен масличный (*Linum sativum olieferum*), редьку масличную (*Raphanus sativus*).

Изменения климата, характерные для зоны Южной Степи, в значительной степени обусловили пересмотр многими сельхозтоваропроизводителями структуры посевных площадей яровых культур. За последние 10 лет площадь посева зернового гороха сократилась почти на 50 %, что объясняется недостаточной стойкостью культуры к высоким среднесуточным температурам воздуха, почвенной и воздушной засухе во вторую половину вегетации. Следствие – резкое снижение семенной продуктивности. В результате, сокращая посевные площади гороха (в большинстве случаев, опять же в пользу подсолнечника), агропредприниматели сознательно отказываются от отличного предшественника для озимых хлебов, чудесного почвоулучшателя и фитомелиоранта, который обогащает почву азотом, культуры, которая обеспечивает получение высоколиквидное сырье. В этом смысле серьезные перспективы имеет введение в агрофитоценозы зоны зернобобовой культуры, которая по комплексу адаптивных свойств, семенной продуктивности, качественными показателями способна дополнить зерновой горох, а в неблагоприятные по значению

гидротермического коэффициента агросезоны и полностью его заменить. Это – белозерный и зеленозерный нут. Практика отдельных хозяйств, которые специализируются на товарном выращивании отмеченной высокорентабельной зернобобовой культуры, свидетельствует, что даже в засушливые годы, когда средняя урожайность зернового гороха не превышает 1,0–1,3 т/га, при условии соблюдения научно-обоснованной технологии выращивания реально получать до 1,8–2,3 т семена нута. По качественным показателям нут практически не уступает гороху, а по содержанию отдельных аминокислот даже превышает показатели традиционной культуры (Балашов, Голев, 1998).

В отдельные годы, количество которых за последний период заметно выросло, погодные условия, характеризующиеся критически высокими среднесуточными температурами воздуха (40 °C и выше) и длительными периодами отсутствия атмосферных осадков (25–30 суток и больше), не являются благоприятными для получения стабильных урожаев яровых культур поздней группы. Все чаще случаи, когда из-за критических значений ГТК снижается фертильность пыльцы подсолнечника и кукурузы. Это обуславливает существенный недобор генеративной части урожая, не реализуется в полной мере биологический потенциал даже такой засухо- и жаростойкой культуры, как просо (Лысов, 2008). В данном случае чуть ли не единственной альтернативой увеличения доходности культур поздней яровой группы в структуре посевных площадей хозяйств региона является увеличение массивов зернового сорго. Сорго по комплексу, морфобиологических свойств, высокой стрессоустойчивости, адаптивности, не имеет аналогов среди культур. Сорго способно обеспечивать урожайность зерна в широком спектре условий использования на уровне 5–7 т/га, даже когда остальные культуры вообще прекратили вегетацию из-за дефицита почвенной влаги, воздушной засухи и критически высоких дневных температур воздуха (Муслимов, Халикова, 2007).

В определенной степени развязать «патовую» ситуацию с чрезмерной экспансией в севооборотах Южной Степи подсолнечника, на наш взгляд, реально путем введения в агрофитоценозы такой масличной культуры, как сафлор красильный (Chapman et al., 2010; Jaradat & Shahid, 2006). Не уступая подсолнечнику по качественным показателям семян, сафлор, благодаря значительно более высокому уровню засухоустойчивости, способен формировать экономически целесообразный уровень урожайности при погодных условиях, в которых получить рентабельную урожайность подсолнечника практически нереально. В качестве дополнительного позитивного фактора следует рассматривать низкий фитосанитарный и мелиоративный прессинг сафлора на агрофитоценозы, наличие отработанной зональной технологии выращивания культуры, которая обеспечивает получение стабильной урожайности высоколиквидных семян на уровне 1,8–2,4 т/га, имеется отечественный сорт сафлора (<http://www.driada.net.ua/ru/sorta-gibridy/saflor-sort-lagidnyj>), который максимально полно отвечает экологическим условиям зоны выращивания.

4. Заключение

1. В последнее время климатические условия в зоне Южной Степи Украины характеризуются трансформациями, в условиях которых традиционные способы и методы функционирования растениеводческой отрасли являются неэффективными и требуют существенных изменений.

2. Агроклиматические показатели (гидротермический коэффициент, среднесуточная температура воздуха, количество продуктивных осадков, их перераспределение в течение вегетационного периода, срок прекращения осенней и возобновление весенней вегетации, количество суховейных дней) дают возможность утверждать о существенном ухудшении условий вегетации абсолютного большинства типичных для зоны сельскохозяйственных культур.

3. Сроки сева озимых зерновых культур следует сместить на 10–15 дней позже оптимальных и проводить в период 25 сентября – 5 октября.

4. При условии проведения посева в более поздние относительно оптимальных сроки преимущество следует отдавать сортам с минимальной длительностью периода яровизации, высоких репродукций с максимальными показателями лабораторной всхожести и энергии прорастания семян.

5. Посев озимого рапса проводить на 15–20 дней ранее посева озимой пшеницы при условии содержания в слое почвы 0–20 см запасов влаги не менее 17–20 мм.

6. Обязательным технологическим элементом, направленным на улучшение влагообеспеченности семян и получение максимально ранних всходов, должно быть послепосевное прикатывание почвы.

7. При проведении посева озимого рапса в поздние и сверхпоздние сроки преимущество следует отдавать сортам и гибридам с максимальным уровнем зимостойкости и минимальным количеством плодовых веток II порядка.

8. В случае неблагоприятного уровня перезимовки озимых хлебов и рапса, пересев критически изреженных и погибших массивов следует проводить не только подсолнечником, но и альтернативными масличными культурами: масличным льном, горчицей, редькой.

9. Группу зернобобовых культур, учитывая засухоустойчивость и высокую экологическую пластичность, следует пополнить нутом, а группу поздних яровых – зерновым сорго и сафлором красильным.

Перспектива дальнейших исследований состоит в учете глобальных изменений климатических условий при разработке зональных ресурсо-энергосберегающих технологий выращивания технических масличных культур семейства *Капустные (Brassicaceae)*, в частности, озимой формы горчицы сарептской, и семейства *Бобовые (Leguminosae)*, в частности, нута.

Литература

Адаменко, 2014 – Адаменко Т. (2014). Перспективы украинского зернового рынка в контексте потепления климата // Седьмая международная конференция «Зерновой форум – 2014», 26–27 мая, г. Ялта, АР Крым.

Балашов, Голев, 1998 – Балашов В.В., Голев Ю.И. (1998). Нут на черноземах // Зерновые культуры, № 2, С. 32–33.

Бобылев, 2003 – Бобылев С.Н. (2003). Воздействие изменения климата на сельское хозяйство и водные ресурсы России. М.: Изд-во Фонда "Защиты природы", 35 с.

Васильчук, 2004 – (2004). Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 16–18 июня 2004 г. / под общ. ред. Н.С. Васильчука. Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2004. 404 с.

Второе национальное сообщение, 2016 – (2016). Второе национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата. Киев, 83 с.

Голицын, 2006 – Голицын Г. (2006). Предвидеть будущее // В мире науки, № 8, С. 49–53.

Логинов, 2003 – (2003). Изменения климата Беларуси и их последствия / ред. Логинов В.Ф. Минск: Тонпик. 330 с.

Лысов, 2008 – Лысов В.Н. (2008). Просо. Л.: Колос. 224 с.

Монин, Сонечкин, 2005 – Монин А.С., Сонечкин Д.М. (2005). Колебания климата по данным наблюдений: Тройной солнечный и др. циклы. М.: Наука. 191 с.

Муслимов, Халикова, 2007 – Муслимов М.Г., Халикова М.М. (2007). Зерновое сорго – перспективная зернофуражная культура // Кормопроизводство, № 8, С.18–19.

Порфирьев, 2011 – Порфирьев Б.Н. (2011). Изменение климата и экономика // Вестн. Рос. акад. наук, т. 81, № 3. С. 222–236.

Сиротенко, 2007 – Сиротенко О. (2007). Климат и эволюция биосферы: Россия в XX–XXI вв. // Наука в России, № 6. С. 32–38.

Степанов, Рубель, 2016 – Степанов В.Н., Рубель О.Е. (2016). Формирование Государственной программы предотвращения опасных изменений климата и их экономико-экологических последствий для Украины (концептуальные основы). Одесса: ИПРЭИ НАН Украины, 42 с.

Batukaev et al., 2016 – Batukaev Abdul-Malik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink // *Solid Earth*, 7, Issue, 2, 415-423, doi:10.5194/se-7-415-2016, 15 Mar 2016

Blunier et al., 2012 – *Blunier, T., Bender, M. L., Barnett, B., and von Fischer, J. C.* (2012). Planetary fertility during the past 400 ka based on the triple isotope composition of O₂ in trapped gases from the Vostok ice core // *Clim. Past*, 8, 1509-1526, doi:10.5194/cp-8-1509-2012.

Brönnimann et al., 2008 – (2008). Climate Variability and Extremes during the Past 100 years / Editors: Brönnimann, S., Luterbacher, J., Ewen, T., Diaz, H.F., Stolarski, R.S., Neu, U. (Eds.) // *Advances in global change research*, Vol. 33. Berlin: Springer, 361 p.

Chapman et al., 2010 – *Mark Chapman, John Hvala, Jason Strever, John M. Burke* (2010). Population genetic analysis of safflower (*Carthamus tinctorius*; Asteraceae) reveals a Near Eastern origin and five centers of diversity // *American Journal of Botany*, Vol. 97, No 5. pp. 831–840.

Continents under climate change, 2010 – (2010). Continents under climate change: conference on the occasion of the 200th Anniversary of the Humboldt-Universität zu Berlin, April 21 to 23, 2010, Federal Foreign Office, Berlin / ed.: W.Endlicher, F.-W.Gerstengarbe; Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale). Halle (Saale): Dt. Akad. der Naturforscher Leopoldina; Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges. 2010. 317 p.: ill., graph. (Nova Acta Leopoldina. Neue Folge; Neue Folge; Bd.112, N 384). Incl. bibl. ref. ISBN 978-3-8047-2795-3; ISSN 0369-5034

Deke et al., 2001 – *Deke O. et al.* (2001). Economic impact of climate change: simulations with a regionalized climate-economy model. Kiel: Kiel Institute of World Economics, 100 p.

Drewniak et al., 2015 – *Drewniak B. A., U. Mishra, J. Song, J. Prell, and V. R. Kotamarthi* (2015). Modeling the impact of agricultural land use and management on US carbon budgets // *Biogeosciences*, 12, 2119–2129, www.biogeosciences.net/12/2119/2015/ doi:10.5194/bg-12-2119-2015

Fankhauser et al., 1999 – *Fankhauser S., Smith J.B., and R.S.J. Tol* (1999). Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions // *Ecological economics*, Vol. 30, No 1. pp. 67–78.

Glazko V., Glazko T., 2015 – *Glazko V.I., Glazko T.T.* (2015). Conflicts of Biosphere and Agroecosystems // *International Journal of Environment Problems*, Vol (1), Is. 1, pp. 4–16.

Greiner, 2005 – *Greiner A.* (2005). Anthropogenic climate change and abatement in a multi-region world with endogenous growth // *Ecological Economics*, Vol. 55, No 2. pp. 224–234. <http://www.driada.net.ua/ru/sorta-gibridy/saflor-sort-lagidnyj>

Jaradat & Shahid, 2006 – *Jaradat A., Shahid M.* Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of *Carthamus tinctorius* L. from the Middle East // *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2006, Vol. 53, No 2. pp. 225–244.

Jones, 2002 – *Jones P.D.* (2002). Changes in climate and variability over the last 1000 years // *International Geophysics*, Vol. 83, pp. 133–142.

Kalinitchenko, 2016 – *Kalinitchenko Valery P.* (2016). Optimizing the Matter Flow in Biosphere and the Climate of the Earth at the Stage of Technogenesis by Methods of Biogeosystem Technique (Problem-Analytical Review) // *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (4), Is. 2, pp. 99–130. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.99

Kalinitchenko et al., 2016 – *Kalinitchenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Ali Zarmaev, Viktor Startsev, Vladimir Chernenko, Zaurbek Dikaev, Svetlana Sushkova* (2016). Biogeosystem technique as the way to certainty of soil, hydrosphere, environment and climate // EGU General Assembly. Vienna, *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 18, EGU2016-3419

Kondratyev et al., 2003 – *Kondratyev K.Y., V.F. Krapivin, C.A. Varotsos* (2003). Global carbon cycle and climate change. Berlin: Springer; Chichester: Praxis, 368 p.

Leemans and Eickhout, 2004 – *Leemans R., and B. Eickhout* (2004). Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change // *Global Environmental Change*, Vol. 14, No 3. pp. 219–228.

Letcher, 2009 – *Climate change*. Observed impacts on planet earth / Ed. by Letcher T.M. Oxford: Elsevier, 2009. pp. 439–444.

Lionello P. et al., 2005 – *Lionello Piero, Simona de Zolt, Jürg Luterbacher, Eduardo Zorita* (2005). Is the winter European climate of the last 500 years conditioned by the variability of solar irradiance and volcanism? // *Geesthacht. GKSS-Forschungszentrum*, 45 p.

Lousteau, 2010 – (2010). Forests, carbon cycle and climate change / Ed. by D. Lousteau. Paris: Quae. 311 p.

[Mitloehner, 2014](#) – *Mitloehner F.* (2014). Agriculture infrastructure and farming practices: Responses to climate change and population growth // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. August 10–14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 78.

[National Policy, 2008](#) – (2008). *National Policy* Dialogue in Ukraine on Integrated Water Resources Management. First meeting of the Steering Group. Kiev, 25 April.

[Natural forcing factors for climate change, 2002](#) – (2002). *Natural forcing factors for climate change on timescales 10–1 to 105 years*. Vol. 2. 407 p.

[Yuan et al., 2014](#) – *Yuan, X., E. F. Wood, and M. Liang* (2014). Integrating weather and climate prediction: towards seamless hydrologic forecasting // *Geophys. Res. Lett.*, DOI: 10.1002/2014GL061076

[Zwaan et al., 2002](#) – *Zwaan B.C.C., Gerlagh R., Klaassen G., and L. Schrattenholzer* (2002). Endogenous technological change in climate change modelling, Intern. inst. for appl. systems analysis. Laxenburg, 19 p.

References

[Adamenko, 2014](#) – *Adamenko T.* (2014). Prospects for Ukrainian grain market in the context of climate warming, Seventh International Conference "Grain Forum-2014" May 26–27, Yalta, Crimea.

[Balashov, Golev, 1998](#) – *Balashov VV, Golev Yu* (1998). Nut on chernozems // *Cereals*, No 2, S. 32–33.

[Bobylev, 2003](#) – *Bobylev SN* (2003). The impact of climate change on agriculture and water resources of Russia. M.: Publishing House of the "Protection of Nature" Fund, 35 p.

[Vasilchuk, 2004](#) – (2004). Strategy for adaptive selection of crops due to global climate change: Sat. scientific. tr. Materials Intern. Scientific-Practical. Conf., Saratov, June 16–18, 2004 / Ed. NS Vasil'chuk. Saratov: Southeast Agricultural Research Institute, 2004. 404 p.

[Second National Communication, 2016](#) – (2016). Second National Communication of Ukraine on Climate Change. Kiev, 83.

[Golitsyn, 2006](#) – *Golitsyn G.* (2006). Anticipate future, In the *World of Science*, No 8, S. 49–53.

[Loginov, 2003](#) – (2003). Climate change and its consequences in Belarus / Ed. Loginov VF Minsk Tonpik. 330.

[Lysov, 2008](#) – *Lysov VN* (2008). Millet. S-Pb.: Kolos, 224.

[Monin, Sonechkin, 2005](#) – *Monin AS, Sonechkin DM* (2005). Fluctuations in climate from observations: Triple Cycle of the Sun, and Others Cycles. M.: Nauka. 191 p.

[Muslimov and Khalikova, 2007](#) – *Muslimov MG, MM Khalikova* (2007). Grain sorghum – a promising forage crop, *Grassland*, No 8, S.18–19.

[Porfiriev, 2011](#) – *Porfiriev BN* (2011). Climate change and the economy, *Vestn. Ros. Acad. of Sciences*, vol. 81, No 3, S. 222–236.

[Sirotenko, 2007](#) – *O. Sirotenko* (2007). Climate and Evolution of the Biosphere: Russia in the XX-XXI centuries, *Science in Russia*, No 6. S.32–38.

[Stepanov, Rubel, 2016](#) – *VN Stepanov, Rubel OE* (2016). Formation of the State pro-grammy prevent dangerous climate change and its economic and ecological consequences for Ukraine (conceptual foundations). Odessa: IPREEI NAS, 42 p.

[Batukaev et al., 2016](#) – *Batukaev Abdul-Malik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova* (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink, *Solid Earth*, 7, Issue, 2, 415-423, doi:10.5194/se-7-415-2016, 15 Mar 2016

[Blunier et al., 2012](#) – *Blunier, T., Bender, M. L., Barnett, B., and von Fischer, J. C.* (2012). Planetary fertility during the past 400 ka based on the triple isotope composition of O₂ in trapped gases from the Vostok ice core, *Clim. Past*, 8, 1509-1526, doi:10.5194/cp-8-1509-2012.

[Brönnimann et al., 2008](#) – (2008). Climate Variability and Extremes during the Past 100 years / Editors: Brönnimann, S., Luterbacher, J., Ewen, T., Diaz, H.F., Stolarski, R.S., Neu, U. (Eds.), *Advances in global change research*, Vol. 33. Berlin: Springer, 361 p.

Chapman et al., 2010 – Mark Chapman, John Hvala, Jason Strever, John M. Burke (2010). Population genetic analysis of safflower (*Carthamus tinctorius*; Asteraceae) reveals a Near Eastern origin and five centers of diversity, *American Journal of Botany*, Vol. 97, No 5. pp. 831–840.

Continents under climate change, 2010 – (2010). Continents under climate change: conference on the occasion of the 200th Anniversary of the Humboldt-Universität zu Berlin, April 21 to 23, 2010, Federal Foreign Office, Berlin / ed.: W. Endlicher, F.-W. Gerstengarbe; Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale). Halle (Saale): Dt. Akad. der Naturforscher Leopoldina; Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges. 2010. 317 p.: ill., graph. - (Nova Acta Leopoldina. Neue Folge; Neue Folge; Bd.112, N 384). Incl. bibl. ref. ISBN 978-3-8047-2795-3; ISSN 0369-5034

Deke et al., 2001 – Deke O. et al. (2001). Economic impact of climate change: simulations with a regionalized climate-economy model. Kiel: Kiel Institute of World Economics, 100 p.

Drewniak et al., 2015 – Drewniak B. A., U. Mishra, J. Song, J. Prell, and V. R. Kotamarthi (2015). Modeling the impact of agricultural land use and management on US carbon budgets, *Biogeosciences*, 12, 2119–2129, www.biogeosciences.net/12/2119/2015/ doi:10.5194/bg-12-2119-2015

Fankhauser et al., 1999 – Fankhauser S., Smith J.B., and R.S.J. Tol (1999). Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions, *Ecological Economics*, Vol. 30, No 1. pp. 67–78.

Glazko V., Glazko T., 2015 – Glazko V.I., Glazko T.T. (2015). Conflicts of Biosphere and Agroecosystems, *International Journal of Environment Problems*, Vol (1), Is. 1, pp. 4–16.

Greiner, 2005 – Greiner A. (2005). Anthropogenic climate change and abatement in a multi-region world with endogenous growth, *Ecological Economics*, Vol. 55, No 2. pp. 224–234. <http://www.driada.net.ua/ru/sorta-gibridy/saflor-sort-lagidnyj>

Jaradat & Shahid, 2006 – Jaradat A., Shahid M. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of *Carthamus tinctorius* L. from the Middle East, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2006, Vol. 53, No 2. pp. 225–244.

Jones, 2002 – Jones P.D. (2002). Changes in climate and variability over the last 1000 years, *International Geophysics*, Vol. 83, pp. 133–142.

Kalinitchenko, 2016 – Kalinitchenko Valery P. (2016). Optimizing the Matter Flow in Biosphere and the Climate of the Earth at the Stage of Technogenesis by Methods of Biogeosystem Technique (Problem-Analytical Review), *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (4), Is. 2, pp. 99–130. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.99

Kalinitchenko et al., 2016 – Kalinitchenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Ali Zarmaev, Viktor Startsev, Vladimir Chernenko, Zaurbek Dikaev, Svetlana Sushkova (2016). Biogeosystem technique as the way to certainty of soil, hydrosphere, environment and climate, EGU General Assembly, Vienna, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 18, EGU2016-3419.

Kondratyev et al., 2003 – Kondratyev K.Y., V.F. Krapivin, C.A. Varotsos (2003). Global carbon cycle and climate change. Berlin: Springer; Chichester: Praxis, 368 p.

Leemans and Eickhout, 2004 – Leemans R., and B. Eickhout (2004). Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change, *Global Environmental Change*, Vol. 14, No 3. pp. 219–228.

Letcher, 2009 – *Climate change. Observed impacts on planet earth* / Ed. by Letcher T.M. Oxford: Elsevier, 2009. pp. 439–444.

Lionello P. et al., 2005 – Lionello Piero, Simona de Zolt, Jürg Luterbacher, Eduardo Zorita (2005). Is the winter European climate of the last 500 years conditioned by the variability of solar irradiance and volcanism? *Geesthacht. GKSS-Forschungszentrum*, 45 p.

Lousteau, 2010 – (2010). Forests, carbon cycle and climate change / Ed. by D. Lousteau. Paris: Quae. 311 p.

Mitloehner, 2014 – Mitloehner F. (2014). Agriculture infrastructure and farming practices: Responses to climate change and population growth, 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. August 10–14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 78

National Policy, 2008 – (2008). *National Policy Dialogue in Ukraine on Integrated Water Resources Management*. First meeting of the Steering Group. Kiev, 25 April.

Natural forcing factors for climate change, 2002 – (2002). *Natural forcing factors for climate change on timescales 10–1 to 105 years*. Vol. 2. 407 p.

Yuan et al., 2014 – Yuan, X., E. F. Wood, and M. Liang (2014). Integrating weather and climate prediction: towards seamless hydrologic forecasting, *Geophys. Res. Lett.*, DOI: 10.1002/2014GL061076

Zwaan et al., 2002 – Zwaan B.C.C., Gerlagh R., Klaassen G., and L. Schrattenholzer (2002). Endogenous technological change in climate change modelling, Intern. inst. for appl. systems analysis. Laxenburg, 19 p.

УДК 633.844:631.5:631.95 (477.7)

Концептуальные векторы развития растениеводческой отрасли Юга Украины в условиях современных климатических трансформаций

Александр Геннадьевич Жуйков^{а,*}

^а Херсонский государственный аграрный университет, г. Херсон, Украина

Аннотация. Приведены результаты анализа базисных агроклиматических показателей, характеризующих погодные условия Юга Украины – среднемесячной температуры воздуха и количества атмосферных осадков как факторов, обуславливающих стабильность растениеводства в агроклиматической зоне исследований.

В последние 8–10 лет проведения наблюдений погодные условия агроклиматической зоны существенно изменились. Основная озабоченность касается повышения среднегодовой температуры воздуха (в среднем, на 1,3–1,5°C), причем это происходит на фоне снижения как общей суммы атмосферных осадков, так и характера их распределения за вегетационный период.

Согласно полученным результатам, для сохранения достигнутого в прошлом уровня функционирования отрасли растениеводства региона необходима её диверсификация. Ключевыми моментами следует полагать: перенос сроков проведения посева озимых культур (пшеница, ячмень, рапс) на более поздние агрономические сроки (вплоть до III декады октября), причём даже критические по отношению к ранее выработанным для менее жестких климатических показателей; пересмотр базисных элементов системы ухода за растениями; введение в севообороты более экологически пластичных альтернативных зерновых, зернобобовых и масличных культур, способных формировать экономически целесообразные уровни урожайности в неблагоприятных и критических по значению гидротермического коэффициента условиях выращивания (лен масличный, виды горчицы, нут, сорго зерновое).

Ключевые слова: изменение климата, агроклиматические показатели, температура воздуха, атмосферные осадки, гидротермический коэффициент, сроки посева, система ухода, альтернативные культуры.

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: docent6977@gmail.com (А.Г. Жуйков)