



Biogeosystem Technique

Journal is being issued since 2014.
ISSN 2409-3386, E-ISSN 2413-7316
2016. Vol.(8). Is. 2. 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 15.06.16.
Format 21 × 29,7/4.

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

Order № B-8.

Biogeosystem Technique

2016

Is. 2



Издается с 2014 г.
ISSN 2409-3386, E-ISSN 2413-7316
2016. № 2 (8). Выходит 4 раза в год.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Валерий Калининченко – 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
Шенин 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 15.06.16.
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-8.

CONTENTS

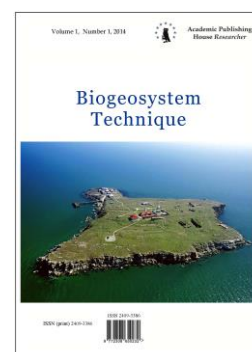
Articles and Statements

Sources of Grain Cultures Variability (Analytical Review) Valery I. Glazko, Tatiana T. Glazko	99
Status of the Earth's geochemical cycle in the standard technologies and waste recycling, and the possibilities of its correction by Biogeosystem Technique method (problem- analytical review) Valery P. Kalinitchenko	115
The energetic and thermodynamic characteristics of chernozems of Northern Azov region and Crimea Elena I. Ergina, Olga S. Bezuglova	145
Geomodeling of the spatial distribution of climatic and economic energy consumption for soil formation in agricultural landscapes of the Crimean Peninsula Vitalii P. Nesterenko, Denis S. Breus	160
Phytosanitary and phytoreclamation properties of mustard as factor of stabilizing of the ecological state of agrocoenoses of South Steppe of Ukraine Alexander Zhuykov	175

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. 8, Is. 2, pp. 99-114, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.8.99
www.ejournal19.com



Articles and Statements

UDC [575.22:575.21](#)

Sources of Grain Cultures Variability (Analytical Review)

Valery I. Glazko ^{a,*}, Tatiana T. Glazko ^b

^a Russian State Agrarian University – Moscow agricultural Academy (MTAA) named after K.A. Timiryazev, Russian Federation

^b Center of Experimental Embryology and reproductive biotechnologies, Russian Federation

Abstract

"Domestication genes" of grain and modern ideas of its evolution patterns were overviewed. The role of gene duplications, transpositions in the divergence of the genomes were discussed. On the example of the more "compact" genome of rice between genomes of grain crops, the most studied from a genetic point of view, the accumulated data on the close link between the resistance genes to abiotic and biotic environmental stress factors and key genes which control the developmental processes in plants were analyzed. The data about the high level of selective pressure in areas of localization of target genes of artificial selection, as well as participation in the variability of such areas transposon elements were presented. The relationship between exogenous and endogenous retroviruses, the origins of such blocks of regulatory elements, as microRNAs clusters, were discussed. The hypothesis of accelerated evolution of genes involved in the processes of domestication, based on the increased frequency of transposon integration in the actively transcribed genomic regions was supposed. The presence of correlations between integration of proviruses DNA and resistance to retroviral infections, as well as elevated frequencies of recombination in areas of high density of transposon localization was considered. Possible genetic mechanisms of domestication associated with increased frequency of retrovirus infection and provirus integration in host genomes in the actively transcribed genomic regions as sources on new genes and regulation elements were discussed.

Keywords: domestication, co-evolution, transposon elements, retrotransposons, miRNA.

1. Введение

Формирование аграрной цивилизации непосредственно зависело от доместикиции зерновых культур, которая прямо способствовала появлению оседлых аграрных сообществ. Осознание этого факта в конечном итоге привело к широкому поиску в геномах зерновых генов и геномных районов, которые могли бы быть прямой мишенью доместикиции и искусственного отбора. Одомашнивание важнейших видов животных и окультуривание

* Corresponding author

E-mail addresses: vigvalery@gmail.com (V.I. Glazko), tglazko@rambler.ru (T.T. Glazko)

растений произошли на границе мезолита и неолита. Принят термин “неолитическая хозяйственная революция”, отражающая переход человечества от присвоения продуктов природы, охоты и собирательства к их производству, т.е. к выращиванию и разведению идущих в пищу растений и животных. Этот период характеризовался возникновением земледелия и скотоводства. Словами Н.И. Вавилова, можно сказать, что земледелие превратилось в “основную индустрию человечества” (Vavilov, 1931; Vavilov, 1934). Известно, что из 200 тыс. видов высших растений успешно domesticiрованными оказались только 100 видов, причем два из них, рис и пшеница, на протяжении всей аграрной эволюции и до настоящего времени вносили основной вклад в продовольственное обеспечение растущей численности человека (Diamond, 2002).

2. Материалы

Исследованы закономерности эволюции геномов зерновых; показано их происхождение от общего предкового вида путем множественных циклов полиплоидизации, наименее полиплоидизированные виды среди однодольных – рис, среди двудольных – арабидопсис (Blanc, Wolfe, 2004). Показано, что вслед за полиплоидизацией в геномах происходили множественные утраты парных генов, их повторные дубликации, перемещение в новые группы сцепления (Paterson et al., 2005). Тем не менее, отдельные генные кластеры сохраняют свое единство у разных видов зерновых, например, блоки генов, определяющих устойчивость риса и ячменя по отношению к разным расам *Pyricularia grisea* (Chen et al., 2003). Обнаружено, что такие же процессы реорганизации генетического материала, которые выявлены в крупных сегментах хромосом, реализуются и на внутригеномном уровне (Langham et al., 2004).

Таким образом, к настоящему времени исследованы генетические основы сходства и отличий геномов видов зерновых. У многих сортов риса, кукурузы, пшеницы и других культур с помощью мутагенов улучшены такие количественные признаки, как: устойчивость к полеганию, раннеспелость, короткостебельность, зимостойкость, содержание белка в зерне. В целом в разных странах мира передано в производство более 500 сортов мутантного происхождения, а коллекция мутантов, индуцированных на 130 видах растений, насчитывает более 30 тыс. форм.

3. Обсуждение

Начиная с Чарльза Дарвина, зерновые культуры привлекали особое внимание в связи с исследованиями процессов эволюции (Vavilov, 1931; Vavilov, 1934). Зерновые позволяют выявлять не только механизмы эволюции ранних признаков доместикации – “синдром доместикации”, которые подхватывались в процессе формирования аграрной цивилизации (например, утрата механизма рассыпания семян, увеличение урожайности, потеря стадии покоя), но и существенное расхождение культур по признакам, возникающим при расхождении культур разных этносов, в том числе цвет зерен, их плотность, их окраска, вкусовые предпочтения. У кукурузы, зерновых, бобовых и некоторых других хорошо известен другой – признак доместикации – окультуривания. Это то, что семена и плоды намного крупнее, чем у диких родственников. Другой типичный признак культурных растений – “синдром доместикации”, не так очевиден, как предыдущие доместикационные признаки. Семена очень многих диких растений имеют период покоя – физиологический покой. Они не прорастают сразу после уборки. В процессе доместикации – окультуривания растений, напротив, искусственный отбор направлен был только на тех, которые после посева быстро и равномерно прорастали, и не имели периода покоя. Это большое достижение.

Другое отличие культурных растений от своих диких предков – “синдром доместикации”, они не содержат «горьких» веществ, которые являлись естественной защитой от вредителей. Пример этому – картофель. Известно более 160 дикорастущих видов, клубни которых содержат алкалоиды. Более 4000 лет тому назад индейцы на высокогорьях Перу обнаружили спонтанно появившиеся мутанты, которые оказались безалкалоидными, и от которых произошли наши современные сорта картофеля.

Изучение генов, прямо связанных с фенотипическим разнообразием у видов зерновых, позволяет проследивать происхождение и распространение специфических

признаков, маркеров доместикиации, отбираемых в течение всей работы с растениями. Более того, такие исследования позволяют непосредственно оценивать последствия для геномов искусственной селекции, проводимой человеком, включая выявление физических границ геномных областей, изменяемых под влиянием искусственного отбора в процессе доместикиации.

Доместикиация растений является уникальной моделью формообразования под влиянием искусственного отбора. "Эволюция волей человека" называл процесс доместикиации Н.И. Вавилов ([Vavilov, 1931](#); [Vavilov, 1934](#)). Изучение механизмов доместикиации могло бы внести существенный вклад в понимание процессов формообразования и, соответственно, в поиски дальнейших путей управления ими. Именно отбор преобразует индивидуальные уклонения в хозяйственно важные признаки, свойственные ценным сортам. Большинство других селекционных мероприятий направлено либо на увеличение материала для отбора – искусственный мутагенез, аутбридинг и т.д., либо на закрепление результатов отбора – инбридинг, клонирование и т.д. Ряд методов, таких как получение в производственных масштабах триплоидных или гетерозиготных семян, методов, которые с отбором связаны лишь косвенно, направлен на максимальное выражение результатов отбора, на непосредственное получение товарной продукции.

К настоящему времени установлено, что, например, у кукурузы и проса основные гены – мишени доместикиации – уже присутствовали в геномах предковых диких видов. В работах Н.И. Вавилова отмечалось, что одна и та же форма могла быть одновременно исходной для культурного и сорнякового вида. Сорняковые расы имеются у пшеницы, ячменя, ржи, риса, сорго, овса, кукурузы, моркови, свеклы, редиса, перца, картофеля, томата, подсолнечника, конопли, дыни и других культур. Причем поток генного материала может идти в обоих направлениях. Сорняковые расы являются возможными источниками биоразнообразия культурных растений, выполняя функцию "резервуара" генетического разнообразия соответствующего вида. При некоторых условиях они способствуют в результате переопыления, увеличению варибельности – гетерогенности сортов и популяций ([Vavilov, 1931](#); [Vavilov, 1934](#)).

Кукуруза принадлежит к основным сельскохозяйственным культурным растениям, входящим в источники питания человека и животных сельскохозяйственных видов. В умеренном климате выращивается в качестве фуражной культуры (на зерно или на силос). В Европейских странах, как и у других зерновых, в селекционной работе, прежде всего, учитываются характеристики урожайности, связанные с климатической толерантностью, устойчивостью к территории возделывания, к времени созревания. Устойчивость к вредителям в Европейских странах (мотылек кукурузный, кукурузный корневой жук) приобретает растущее значение в связи с сужением севооборотов. В связи с этим формируются новые направления в классической селекции на устойчивость. С использованием молекулярных методов получена генноинженерная кукуруза, в США возделываются в основном трансгенные сорта, в других странах пока наблюдаются ограничения на трансгенные сорта. В основном, используются традиционные селекционные методы. Кукуруза – классический объект селекционных исследований у перекрестно опыляемых растений и особенно в области получения гибридов, так как благодаря строению цветка можно получать большие площади стерильных посевов (с удалением метелок вручную, или механизированно, имеются сорта также и на основе ЦМС). В развитых странах возделывают исключительно гибриды, в развивающихся странах под ними занята только половина площадей. У кукурузы имеются полигенные системы, включающие гены *ae1*, *bt2* и *su1*, участвующие в путях биосинтеза крахмала, которые находятся под прямым давлением отбора, связанного со специфическими кулинарными свойствами конечного продукта (приготовление тортилы) в процессе ранней доместикиации кукурузы в Мексике.

В качестве примера высокой скорости совершенствования культурного растения хорошо известна недавняя эволюция сахарной свёклы. Производство сахара во всем мире основано в основном на двух культурах: сахарная свёкла и сахарный тростник. Свёкла является самым молодым окультуренным растением, и поэтому история её происхождения хорошо документирована. Толчком для селекции и возделывания сахарной свёклы (*Beta*

vulgaris) был возникший недостаток сахарного тростника в XVIII веке. Сахарный тростник относится к семейству Gramineae (Злаковые), и тесно связан соответственно с зерновыми культурами. Сахарная свёкла относится к семейству Chenopodiaceae (Маревые, Лебедовые), а вид *Beta vulgaris* объединяет наряду с сахарной свеклой также кормовую свёклу, мангольд или листовую свёклу и столовую свеклу. С исторической точки зрения производство сахара из сахарного тростника старше. Сахарная свекла только в последние столетия интенсивно используется для получения сахара. Этот успех является результатом селекционного отбора человеком. В бывшем СССР были созданы сорта триплоидной сахарной свеклы. Триплоиды стерильны, поэтому в производстве применяют семена, полученные на селекционных станциях при скрещивании диплоидов с тетраплоидами, однако полученные таким путем семенники односемянны, что резко сокращает затраты труда на прорастивание посевов свеклы, а корни триплоидных растений крупнее, чем у диплоидных, сахаристость их примерно такая же. Тетраплоиды дают увеличенные корнеплоды, но со сниженным процентом сахара, поэтому экономически они невыгодны, тогда как корнеплоды триплоидов, хотя и меньшие, чем у тетраплоидных растений, не дают снижения процента сахара по сравнению с диплоидами.

Рис (*Oryza sativa*) является одной из старейших культур среди domesticiрованных зерновых. Археологические данные свидетельствуют о том, что его разводили уже в период неолита азиатские фермеры 11,000 лет назад (Mannion, 1999). Геном риса представляет особый интерес, поскольку принадлежит к семейству злаковых с наименьшим среди них размером генома (рис – 440 Мега пар оснований – М.п.о.; кукуруза – 2500 М.п.о.; овес – 4900 М.п.о.). Благодаря этому в современной генетике зерновых геном риса рассматривается как «эталонный» геном, исследования которого позволяют получать важную информацию об основных чертах организации и эволюции геномов зерновых (Paterson et al., 2005).

Традиционно выделяют три группы сортов или подвидов у вида *O. sativa*: сорта *indica*, типичные для Индийского субконтинента; группа сортов *tropical japonica (javanica)*, более общая для юго-восточной Азии и южного Китая; и группа сортов *temperate japonica*, которые преобладают в северо-восточной Азии (Garris et al., 2005; Glazmann, 1987; Khush, 1997). Имеется ряд генетически отличных дополнительных групп сортов, включая сорта *aromatic* Индийского субконтинента (например, basmati) и *aus* сорта Бангладеш и западной Бенгалии (Khush, 1997). Рис был domesticiрован из форм дикого вида *Oryza rufipogon*, и накапливаются доказательства того, что группы сортов *indica* и *japonica* возникли благодаря двум независимым событиям domestикации (Garris et al., 2005; Khush, 1997). В то же время, анализ генетических взаимоотношений между этими формами на основании оценок полиморфизма микросателлитных локусов свидетельствует о тесных генетических взаимосвязях между ними (Gao, Innan, 2008). *Temperate japonica* сорта, как предполагается, возникли уже в последующем из сортов *tropical japonicas*, при распространении риса на север Азии, после domestикации риса в Южной Азии (Garris et al., 2005; Khush, 1997).

Выделяют две формы одомашненного риса, *Oryza sativa*, или азиатский рис и *Oryza glaberrima*, африканский рис; предполагается, что они имеют уникальные истории domestикации (Gao, Innan, 2008). Фенотипические черты, приобретенные рисом в процессе окультуривания, отчетливо видны при сравнении культурных форм с близкородственными дикими видами. Род *Oryza* включает 21 дикий вид и подразделяется на четыре комплекса видов: *O. sativa*, *O. officialis*, *O. ridelyi* и *O. granulata*. Все члены рода *Oryza* в кариотипах имеют одинаковое число хромосом $n = 12$, в пределах каждого комплекса наблюдаются межвидовые скрещивания, но никогда – между видами, принадлежащими к разным комплексам. Комплекс *O. sativa* включает две окультуренные формы *O. sativa* и *O. glaberrima*, и пять или шесть диких видов: *O. rufipogon*, *O. nivara* (последний некоторыми исследователями рассматривается как экотип *O. rufipogon*), *O. barthii*, *O. longistaminata*, *O. meridionalis* и *O. glumaepatula*. *Oryza sativa* типичен для Азии, *O. glaberrima* преимущественно выращивается в Западной Африке. Из диких видов наиболее широкий ареал характерен для *Oryza rufipogon*; *Oryza barthii* и *O. longistaminata* являются африканскими видами; *Oryza meridionalis* распространен в Австралии, и *O. glumaepatula* произрастает в Центральной и Южной Америке. Предполагается, что

предковым видом для африканских культурных сортов риса был *O. Barthii*, а для индийских и японских сортов – *O. Rufipogon* (Gao, Innan, 2008). Для риса характерна линейная селекция, селекция гибридов, он относительно строгий самоопылитель. Гибриды создаются на основе ЦМС и имеют растущее и преобладающее значение в Китае. Генная инженерия используется для улучшения признаков, влияющих на качество приготовляемого продукта (золотой рис).

Характеристики доместикации риса включают ряд признаков, в частности, уменьшение осыпаемости зерен при их созревании, синхронизация созревания семени, сокращение общего числа побегов, увеличение их вертикального расположения и длины, уменьшение окрашенности и длины ости (Izawa, 2008). Выделено две нуклеотидные последовательности, полиморфизм которых был тесно связан с осыпаемостью зерен риса при их созревании, обозначенные как *sh4* и *qSH1* (Izawa, 2008). Обнаружена функциональная нуклеотидная замена, приводящая к замене аминокислоты лицина на аспарагин, в последовательности *sh4* в первом экзоне гена, получившего название *Mub3* и, предположительно, являющимся фактором регуляции транскрипции.

Анализ нуклеотидной последовательности длиной в ~ 50 тысяч пар оснований (т.п.о.), окружающей *sh4*, у индийских и японских сортов риса показал, что по сравнению с другими участками хромосомы 4 риса, в которой локализован этот район, уровень полиморфизма примерно в десять раз ниже, что свидетельствует о высокой интенсивности отбора, направленного на сохранение этой мутации (Izawa, 2008). Предполагается, что присутствие этого аллеля у всех исследованных сортов риса двух разных культурных форм свидетельствует об их общем происхождении. В то же время, необходимо подчеркнуть, что селекция против осыпаемости зерен должна была бы быть одним из первых направлений искусственного отбора при окультуривании риса. Мутация в последовательности *qSH1* также ассоциирована с уменьшением выраженности осыпаемости зерен у риса, ее частота встречаемости оказалась существенно выше у индийских сортов по сравнению с японскими (Izawa, 2008).

Еще один признак, который длительно подвергался у риса искусственному отбору – это белозерность. Как правило, примитивные сорта большинства культурных зерновых характеризуются краснозерностью. Выявлено два локуса, определяющих окраску перикарпа и зерен у риса: *Rc* (коричневый перикарп и зерно) и *Rd* (красный перикарп и зерно). Их одновременное присутствие дает красную окраску. *Rc* картирован на хромосоме 7, *Rd* – на хромосоме 1. Обнаруживается тесное генетическое сцепление с ними последовательностей транспозирующихся элементов (транспозонов) (Sweeney et al., 2006). В локусе *Rc* делеция длиной в 14 пар нуклеотидов в шестом экзоне нарушает его функцию регуляции биосинтеза антоцианов, что приводит к белой окраске перикарпа риса (Sweeney et al., 2006).

Поиск «генов доместикации», таких, как *sh4*, одинаковые аллели которых, связанные с направлением искусственного отбора, обнаруживаются у всех культурных форм риса, может помочь реконструировать последовательные этапы и механизмы доместикации. Быстрое развитие методов картирования генов и анализа генов функциональные и популяционные генетические исследования генов доместикации будут играть все более и более важную роль в понимании истории и генетических механизмов окультуривания и распространения сортов растений. Это, в свою очередь, позволит более эффективно использовать природные ресурсы для усовершенствования сортов растений и разрабатывать новые методы доместикации.

Для генома риса построена карта локализации главных генов количественных признаков (Quantity Trait locus – QTL) для 7-ми биометрических характеристик урожайности: высота растения (см); период фазы колошения (дней); количество метелок на растение (шт); количество колосков в метелке; количество зерен в колосе; масса одного (или тысячи) зерна (г) урожай зерен на одно растение (г) (You e al., 2006). Найдены сегменты хромосом, в которых локализованы QTL устойчивости проростков риса к засолению, локализация генов – длинные плечи хромосом 1 и 3 риса (Lee et al., 2006). Создана карта локализации главных QTL устойчивости к дефициту воды (толерантности и уменьшению потерь) у риса: отдельно картированы гены, ассоциированные со способностью надпочвенной части растений сохранять влагу, и корневой системы – ее

накапливать (Lee et al., 2006). Описана область локализации QTL устойчивости риса к затоплению. Выявлен основной ген, обуславливающий такую устойчивость. Показано увеличение транскрипции этого гена (Sub1A) при затоплении у толерантного сорта, а также увеличение транскрипции такого фермента, как алкогольдегидрогеназы (Adh1) (Harushima et al., 1998; Kenong et al., 2006).

В геноме риса картировано около 25-ти генов резистентности (R) к пирикулярриозу, большинство из которых аллельны или тесно сцеплены. Например, 5 R генов идентифицированы как Pi-k локус на хромосоме 11. Pi-ta и Pi-ta2 аллельны или тесно сцеплены в периферической области хромосомы 12. Pi5(t) и Pi3(t) локализованы в этой же области на хромосоме 5.

Выявлен Pi9 ген, обеспечивающий широкую устойчивость к пирикулярриозу (устойчив к 43-м изолятам *M. grisea* из 13-ти стран) у линии риса indica 75-1-127; он был интродуцирован от дикого вида *Oryza minuta*, локализован в хромосоме 6 риса. Секвенирование области в 76 т.п.о. позволило выявить 6 tandemно расположенных R генов. Анализ мутантов с делециями по Pi9 локусу показал, что в формировании широкой устойчивости принимают участие гены Nbs2-Pi9 и Nbs3-Pi9 (Qu et al., 2006; Wisser et al., 2005).

Совмещение карт QTL по устойчивости риса к различным заболеваниям (количественная устойчивость к заболеваниям – quantitative disease resistance, QDR) и локализации генов, прямо участвующих в ответе растений на контакты с патогенами (качественные гены резистентности, R, или аналоги генов резистентности, resistance gene analogs – RGA), позволило выявить сегменты хромосом с повышенной плотностью локализации таких генов (Wisser et al., 2005).

Сегменты, в которых локализуются гены, идентифицируемые как главные в отношении резистентности к болезням (QTL, $n = 94$) найдены в каждой из 12-ти хромосом риса; они покрывают 54 % всего генома риса со средней длиной 14 сМ. Показано (Wisser et al., 2005), что в сегментах хромосом, в которых локализуются QTL резистентности у риса, статистически достоверно «перепредставлены» (встречаются чаще, чем в других областях генома) гены 4-х семейств: митохондриальный фактор терминации транскрипции (95 % QTL); (2) глутатион S-трансфераза С домен (87.2 % QTL) и глутатион S-трансфераза, N домен (85.4 % QTL); (3) UDP-глюкозил трансфераза (80.4 % QTL); (4) пептидазы S8 и S53 (90.5 % QTL). Необходимо подчеркнуть, что для генов семейств глутатион S-трансферазы и глюкозил трансферазы давно и хорошо известна их важная роль в биохимических путях антиоксидантных систем для всех эукариот, как растений, так и животных. То есть, для сегментов хромосом, ассоциированных с устойчивостью к заболеваниям у риса, типична повышенная частота локализации генов, продукты которых являются ключевыми ферментами универсальных антиоксидантных систем. **Оказалось также, что ключевые гены устойчивости к биотическим и абиотическим факторам стресса совпадают или тесно связаны с ключевыми генами развития у растения риса (Cooper et al., 2003).**

В наших исследованиях рассмотрена дифференциация между сортами риса по ряду локусов, кодирующих ферменты с известной биохимической функцией и хромосомной локализацией (Гончарова и др., 2007): 1) ферменты метаболизма экзогенных субстратов – эстеразы (EST), щелочные фосфатазы (ACP); 2) внутриклеточной энергетики – малик энзим (ME, шунт между гликолизом и циклом Кребса); 3) синтеза нуклеозид трифосфатов – пурииннуклеозидфосфорилаза (PN).

Обнаружена сорт-специфичность генной экспрессии ряда систем в разных органах проростков, а также ассоциации генотипов с некоторыми хозяйственно ценными признаками, в частности, с устойчивостью к засоленности и к загущению, у 27 исследованных сортов риса. Было обнаружено также, что на генетических картах локализация эстераз, с которыми ассоциирована устойчивость к засолению по нашим данным, совпадает с флангами QTL такой устойчивости, локализованными в 1 и 3 хромосомах риса (Гончарова и др., 2007).

Большинство количественных признаков имеют генотипические варианты, превращающие их в моногенные признаки – например, «ген зеленой революции» – ген

полукарликовости, мутация у риса *sd-1* – мутация в ключевом гене синтеза гиббереллиновой кислоты – гибберелин 20-оксидазе (Nagano et al., 2005).

К примерам генов, ассоциированных с качеством конечной продукции риса, относятся следующие.

1) Краснозерность риса. Выявлено два локуса, определяющих окраску перикарпа и зерен у риса: Rc (коричневый перикарп и зерно) и Rd (красный перикарп и зерно). Их одновременное присутствие дает красную окраску. Rc картирован на хромосоме 7, Rd – на хромосоме 1. Обнаруживается тесное генетическое сцепление с ними последовательностей транспозирующихся элементов (транспозонов) (Sweeney et al., 2006).

2) Относительное количество амилозы. Этот показатель в зернах риса является признаком, который непосредственно контролировался искусственным отбором на улучшенные диетические свойства риса, связанные с уменьшением ее содержания (мутация *Waxy* гена GBSS, кодирующего синтазу амилозы). Мутация ошибки сплайсинга в 1-интроне гена *Waxy* (синтаза амилозы GBSS) приводит к отсутствию амилозы в глютинозных («липких») сортах риса. Эта мутация преобладает в сортах риса *temperate japonica*, но редко или полностью отсутствует в сортах риса *tropical japonica*, *indica*, *aus*, и *aromatic* (Dian et al., 2004; Olsen et al., 2006).

Уровень и состав крахмала в зернах были непосредственной мишенью искусственного отбора для многих зерновых, как в процессе domestikации, так и межсортовой дифференциации в связи с особенностями агроэкологических и культурных ниш обитания популяций человека. Отбор на характеристики крахмала в зернах был успешен.

Крахмал – главный компонент семян зерновых культур, и его качество являлось мишенью отбора как в процессе domestikации риса, так и других в последующем искусственном сортообразовании. Сорта риса широко варьируют по относительной пропорции содержания двух типов крахмала эндосперма: неразветвленная амилоза (0–30 %), и разветвленный крахмал амилопектин (70–100 %). Сорта риса с высоким уровнем амилозы (~20–30 %) при приготовлении образуют дискретные, неслипающиеся зерна, тогда как сорта с низким содержанием амилозы при приготовлении дают легко слипающиеся зерна. Высокие уровни амилозы типичны для большинства южных и юго-восточных сортов, принадлежащих к группам сортов *indica* и *tropical japonica*; высокий уровень амилозы характерен также для дикого предкового вида, *O. Rufipogon*.

Низкий уровень амилозы (~10–20 %) более типичен для сортов северо-восточной Азии, где предпочитают более слипающиеся зерна при приготовлении риса, что характерно для группы сортов *temperate japonica*, преобладающей в этом регионе. Сорта, у которых в эндоспермах наблюдаются только следовые количества амилозы (<1 %) известны как глютинозные (sticky – липкий) рис; такие сорта предпочитают в Лаосе и Северном Тайланде и они широко используются при приготовлении праздничных кушаний и десертов по всей Азии.

Очевидно, что количество и качество крахмала в зерне риса зависит не только от путей его биосинтеза, но и от ферментов его деградации. К ключевым ферментам деградации крахмала у высших растений относятся амилазы. Обнаружены выраженные отличия в предпочтительной экспрессии разных локусов амилаз у глютинозных и неглютинозных сортов риса – у глютинозных, в основном, экспрессируется бета-амилаза, у неглютинозных – альфа-амилаза. Описаны ингибиторы амилаз, общие для всех зерновых, экспрессия которых наблюдается только в зернах. Не вызывает сомнений, что перечисленные выше ферменты синтеза крахмала, его деградации и ингибирования деградации в зернах могут быть прямыми мишенями искусственного отбора.

У высших растений идентифицировано 5 подсемейств синтаз крахмала, включая синтазу, связанную с гранулами крахмала (granule-bound starch synthase, GBSS), синтазу крахмала I (SSI), синтазу крахмала II (SSII), синтазу крахмала III (SSIII), и синтазу крахмала IV (SSIV). GBSS существенна для синтеза амилозы и находится в связанном с гранулами крахмала состоянии. SSI, SSII, SSIII и SSIV (обозначенная у двудольных как SSV) ответственны за удлинение цепей амилопектина и распределены между гранулярной и растворимой фракциями. Каждый класс SS генов играет специфическую роль в синтезе амилопектинов. Анализ мутантного риса с инсерцией ретротранспозона в ген, кодирующий SSI, показал, что этот фермент ответственен за синтез коротких цепей. SSII определяет

синтез промежуточных по длине цепей. Мутация, блокирующая активность SSIII известна у кукурузы как *du1* и антисмысловое подавление SSIII описано у картофеля. При этом подавлялся синтез длинных цепей амилопектина. Эти 5 подсемейств синтазы крахмала имеют очень древнее происхождение, начиная от сохранения их ортологов у *Chlamydomonas* до одно- и двудольных. Два гена GBSS, и два класса SSII функционально дивергировали; один вариант экспрессируется в зернах, а второй – в других тканях. В общей сложности у риса описано 10 генов, кодирующих синтазы крахмала: один – SSI, три – SSII и по два для каждой из SSIII, IV и GBSS.

У риса происхождение глютинозного фенотипа (<1% амилозы), обусловлено было предпочтением «липкого» риса людьми юго-восточной Азии, которые таким образом отбирали сорта с мутацией по гену *Wx* с нарушенным синтезом фермента синтазы. Большинство сортов северо-восточной Азии принадлежит к группе *temperate japonica*, их наибольшая часть характеризуется сниженным уровнем амилозы по сравнению с группами сортов *indica* и *tropical japonica*. Показано, что сорта с низким, или умеренным содержанием амилозы могут возникать под влиянием подавления мутации дефекта сплайсинга гена *Wx*, которая контролируется рядом генов-модификаторов, включая ген *Dull*. Мутация сплайсинга в гене *Wx* играла ключевую роль в эволюции неглютинозных сортов группы *temperate japonica* так же как и глютинозных сортов риса. Отбор по мутации сплайсинга локуса *Wx* оказал существенное влияние на весь район его локализации, что привело: (1) к уменьшению нуклеотидной изменчивости в районе около ~250 kb, (2) выраженному неравновесию по сцеплению нуклеотидных замен в этом районе с желательной мутацией, и (3) снижению полиморфизма в области генома, окружающей локус *Wx*. Высокие значения коэффициента селекции в этой области могут быть прямо связаны с высокой оценкой кулинарных свойств и культурными привычками использования «липкого» риса этносов северо-восточной Азии. Такой рис, в частности, облегчает традиционные для этих культур манипуляции с зернами риса в процессе еды.

Оценка селективного давления на локус *Wx* у риса оказывается сходной с наблюдаемой у перекрестников вида *Zea mays* по генам *tb1* и *Y1*, несмотря на то, что у самоопылителя риса можно было бы ожидать большие значения неравновесия по сцеплению в связи с менее высокими рекомбинационными процессами. Несмотря на сходное давление отбора на гены, вовлекаемые в доместикацию у кукурузы и риса, эти два вида совершенно по разному отвечают на него, в связи с особенностями организации их геномов. У кукурузы низкая плотность локализации структурных генов ограничивает эффекты отбора «путешествия автостопом» и задевает только небольшое количество тесно сцепленных генов. Например, не обнаружено белок-кодирующих генов (за исключением найденных в последовательностях транспозонных инсерций), которые бы изменялись в связи с отбором по локусу *tb1*. В отличие от этого, у риса выявлено снижение нуклеотидной изменчивости по крайней мере по 39 структурным генам в районе локализации *Wx* локуса в результате генетического «путешествия автостопом». То есть, высокая плотность локализации структурных генов у риса приводит к уменьшению генетической изменчивости у достаточно большого количества структурных генов. Из этого следует, что «селективная интерференция», при которой эволюционный ответ на селекцию по данному локусу снижается в связи с направленной в противоположном направлении селекцией по сцепленным генам — может быть существенно более выражена именно у риса, по сравнению с другими зерновыми. В случае риса коэффициент селекции нуклеотидных замен рассчитывался путем оценки отличий по частотам встречаемости нуклеотидных замен в последовательностях, окружающих мутацию *Waxy*, у сортов риса с этой мутацией и без нее (Olsen et al., 2006).

Высокие значения коэффициента селекции нуклеотидных замен в этой области могут быть прямо связаны с отбором по кулинарным свойствам конечной продукции и культурными привычками использования «липкого» риса этносов северо-восточной Азии. Такой рис, в частности, облегчает традиционные для этих культур манипуляции с зернами риса в процессе еды (ко-эволюция с этносами человека).

У кукурузы полигенные системы, включающие гены *ae1*, *bt2* и *su1*, участвующие в путях биосинтеза крахмала, находятся под прямым давлением отбора, связанного со специфическими кулинарными свойствами конечного продукта (приготовление тортильлы)

в процессе ранней доместикации кукурузы в Мексике (Olsen et al., 2006). Оценки селективного давления на нуклеотидные замены у кукурузы и риса по районам локализации генов, ко-эволюционирующих с человеком, оказались существенно выше, чем самый высокий коэффициент селекции, известный к настоящему времени, в природной системе — отбор на устойчивость к химиопрепаратам у малярийного плазмодия, *Plasmodium falciparum* (на порядок) (Olsen et al., 2006).

Подобный факт ко-эволюции генофондов сельскохозяйственных видов с генофондами популяций человека был обнаружен не только у культурных растений зерновых (рис, кукуруза), но и между генофондом крупного рогатого скота и человеком. Обнаружено, что по 6-ти локусам, кодирующим белки молока, наибольшая частота встречаемости аллелей, ассоциированных с высокой молочной продуктивностью, наблюдается в северо-европейском регионе, в котором у популяций людей наиболее высока частота встречаемости варианта лактазы (фермент, переваривающий лактозу) с высокой активностью. Отмечается также, что именно в этом регионе исторически зародилось молочное скотоводство в позднем неолите (Beja-Pereira et al., 2003).

Взаимосвязь между генетической структурой популяций человека и сельскохозяйственных животных обнаруживается при анализе ряда инфекционных заболеваний (“болезни толпы”), Показано, что они эволюционировали от сходных заболеваний доместичированных животных, с которыми люди начали вступать в тесный контакт примерно 10 тыс. лет назад (Diamond, 2002).

К настоящему времени постепенно начинают накапливаться данные, позволяющие оценивать механизмы, лежащие в основе изменчивости генов — мишеней искусственного отбора и ко-эволюции культурных растений с генофондами человека. Так, мутация по гену GBSS1 (глиутинозные сорта риса) возникла благодаря независимым множественным транспозициям с последующими повторными транспозициями и делециями частей транспозонов (Kawase, 2005; Nagano et al., 2002). Транспозоны формируют кластеры, в зоне которых увеличена частота рекомбинаций, дупликаций и внутригенный полиморфизм — пример — геном *Magnaporthe oryzae* (Thon et al., 2006). Показано, что чаще всего транспозирующиеся элементы локализуются в областях активно транскрибирующихся генов (Kunii et al., 2004). Транспозирующиеся элементы приобретают и практический аспект применения. Так, выделение транспозонов растений, сходных с Р-элементами дрозофилы, предлагается использовать в качестве универсальных векторов для введения нужных генов в геном растений. Одна из таких систем, явно заслуживающая развития, это классическая Ac (Ds) система кукурузы. Геном кукурузы содержит и другие, очевидно сходные с транспозонами, мобильные элементы. Один из них, называемый мутатором Робертсона (Mu), может оказаться перспективным вектором. В настоящее время известно, что он имеет длину всего 1,5 т.п.н. и содержит на концах обращенные повторы длиной 200 нуклеотидных пар.

Среди известных к настоящему времени трех семейств коротких диспергированных повторов у растений р-SINE 1, SINE 2, SINE 3 — первый, р-SINE 1 — был выявлен в локусе *Wx* у *Oryza sativa*. Показано, что р-SINE2 возник у предкового вида с геномами AA, BB, CC, DD и EE, как и р-SINE1, тогда как р-SINE3 возник у предковых зерновых видов с геномом AA. Нуклеотидные последовательности членов семейства р-SINE1 оказались существенно более дивергировавшими, чем р-SINE2 или р-SINE3, что позволяет предполагать появление р-SINE3 в период доместикации, формирования самого вида *Oryza sativa* (около 11-ти тысяч лет назад) (Xu et al., 2005). Создана карта локализации коротких диспергированных повторов на 12-ти хромосомах риса. Опубликована карта 12-ти хромосом риса, совмещающая данные по картированию семейств транспозирующихся элементов и микросателлитных локусов (Kwon et al., 2006).

В последние годы особое значение приобретают исследования, связывающие распространение ретротранспозонов с появлением в геномах растений таких регуляторных элементов, как семейства микроРНК. Сопоставление сохранности микроРНК и белок-кодирующих генов позволило выделить консервативные кластеры микроРНК, и их сбалансированную связь с изменением копияности некоторых структурных генов (Abrouk et al., 2012).

Ретротранспозоны, как правило, занимают значительную часть генома эукариот.

Их транспозиции могут приводить к нестабильности генома или генным мутациям, которые вредны или даже губительны для хозяина. Но они также способствуют эволюции генома во многих аспектах. Обнаружено, что значительное число ранее аннотированных микроРНК являются идентичными или гомологичными участкам ретротранспозонов. Так, например, в геноме риса 80% микро РНК являются участками ретротранспозонов, 10 % кластеров микроРНК сами являются ретротранспозонами и 9 % – участками ДНК транспозонов (Li et al., 2011). Мишени микроРНК свидетельствуют о том, что в процессах транспозиций формируются новые гены, приобретающие клеточные функции в процессе эволюции. Интересно, что большинство из вставок микроРНК находятся на границах между кодирующей и некодирующей последовательностями. В общем, представленные в этой работе данные свидетельствуют о том, что ретротранспозоны в областях, богатых структурными генами, могут формировать кластеры в некодирующих участках, которые со временем могут превращаться в гены микроРНК или быть интегрированными в белок-кодирующие последовательности, формируя потенциальные мишени действия микроРНК в 'умеренном' режиме. Таким образом, транспозоны могут поставлять ресурсы для эволюции кластеров микроРНК – мишени их действия в геномах растений. Оказалось также, что в геномах растений, так же как и животных, присутствуют участки гомологии к ретротранспозонам, впервые выявленных и описанных у представителей других царств (Glazko et al., 2015). По-видимому, такое пересечение свидетельствует о более мощных горизонтальных генетических потоках, чем это принято предполагать, создаваемых ретровирусами. В общем, ретротранспозоны, во всяком случае, эндогенные ретровирусы, являются прямыми потомками экзогенных ретровирусов и последовательно делятся на классы в соответствие с теми ретровирусами, от которых они происходят (Llorens et al., 2009).

4. Заключение

Участие транспозирующихся элементов в дивергенции геномов близкородственных domesticiрованных и диких видов могло бы позволить объяснить некоторые накопленные эмпирические данные. В частности, относительно повышенную скорость эволюции ряда генетических элементов в геномах domesticiрованных видов, а также наши ранее полученные данные о более высокой частоте встречаемости в геномах domesticiрованных видов растений и животных коротких фрагментов ДНК, фланкированных инвертированными повторами, по сравнению с близкородственными дикими формами (Glazko et al., 2015). Анализ накопленных данных об участии транспозирующих элементов в эволюции дублированных генов, их локализации в районы генома с активной транскрипцией, корреляции между количеством встроенных провирусных транспозирующих элементов и устойчивостью сортов риса к ретровирусным инфекциям (Glazko et al., 2015), позволяет предложить следующую схему механизмов ускоренной эволюции в геномах domesticiрованных видов районов – мишеней искусственного отбора.

Можно ожидать, что расширение ареала, вслед за путями миграции человека, увеличивало количество контактов domesticiрованных видов с новыми вариантами ретровирусных инфекций и, таким образом, способствовало появлению в их геномах новых транспозирующихся элементов, а также блоков регуляторных элементов, в частности, кластеров микроРНК. С одной стороны, такие последовательности сохранялись в результате естественного отбора, поскольку они препятствовали повторным заражениям (Glazko et al., 2015), а с другой – увеличивали генетическую изменчивость в районах их интеграции в геном (инсерционный мутагенез, рекомбинационные процессы), что могло приводить к появлению новых мутаций, существенных для искусственного отбора. Участие транспозирующихся элементов в дивегенции геномов близкородственных domesticiрованных и диких видов могло бы позволить объяснить возникновение мутаций, распространяемых в процессе окультуривания растений.

Изложенные представления значимы с точки зрения развития биогеосистемотехники, которая дает принципиально новые возможности управлять органогенезом и расширять ареал сельскохозяйственных растений, проводить domestикацию новых видов (Glazko, Sister, 2016; Kalinichenko, 2016; Kalinitchenko et al., 2016).

Литература

- Гончарова и др., 2007 – Гончарова Ю.К., Иванов А.Н., Князева К.В., Глазко В.И. Эстеразные спектры и адаптивная пластичность сортов риса // Доклады РАСХН, 2007. №1, С. 3–4.
- Abrouk et al., 2012 – Abrouk M., Zhang R., Murat F., Li A., Pont C., Mao L., Salse J. (2012). Grass MicroRNA Gene Paleohistory Unveils New Insights into Gene Dosage Balance in Subgenome Partitioning after Whole-Genome Duplication. *the Plant Cell*, May; 24(5):1776–92, doi:10.1105/tpc.112.095752
- Beja-Pereira et al., 2003 – Beja-Pereira A., Luikart G., England P.R., Bradley D.G., Jann O.C., Bertorelle G., Chamberlain A.T., Nunes T.P., Metodiev S., Ferrand N., Erhardt G. (2003). Gene-culture coevolution between cattle milk protein genes and human lactase genes. *Nature Genetics*, Dec;35(4):311–3, doi:10.1038/ng1263
- Blanc, Wolfe, 2004 – Blanc C., Wolfe K.H. (2004). Widespread Paleopolyploidy in Model Plant Species Inferred from Age Distributions of Duplicate Genes. *the Plant Cell*, Vol. 16, No 7, pp. 1667–1678.
- Chen et al., 2003 – Chen H., Wang S., Xing Y., Xu C., Hayes P.M., Zhang Q. (2003). Comparative analyses of genomic locations and race specificities of loci for quantitative resistance to *Pyricularia grisea* in rice and barley. *PNAS*, Vol. 100, № 5. pp. 2544–2549.
- Cooper et al., 2003 – Cooper B., Clarke J.D., Budworth P., Kreps J., Hutchison D., Park S., Guimil S., Dunn M., Luginbühl P., Ellero C., Goff S.A., Glazebrook J. (2003). A network of rice genes associated with stress response and seed development. *PNAS*, Vol. 100, No 8, pp. 4945–4950.
- Diamond, 2002 – Diamond J. (2002) Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, Vol. 418, pp. 700–707.
- Dian et al., 2004 – Dian W., Jiang H., Wu P (2004) Evolution and expression analysis of starch synthase III and IV in rice. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 56, No 412, pp. 623–632.
- Gao, Innan, 2008 – Gao Li-zhi, Innan H. (2008). Nonindependent Domestication of the Two Rice Subspecies, *Oryza sativa* ssp. *indica* and ssp. *japonica*, Demonstrated by Multilocus Microsatellites. *Genetics*, Vol. 179, pp. 965–976, doi:10.1534/genetics.106.068072
- Garris et al., 2005 – Garris A.J., Tai T.H., Coburn J., Kresovich S., McCouch S. (2005). Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. *Genetics*, Vol. 169, No 3, pp. 1631–1638, doi:10.1534/genetics.104.035642
- Glazko et al., 2015 – Glazko V., Zybailov B., Glazko T. (2015). Asking the Right Question about the Genetic Basis of Domestication: What is the Source of Genetic Diversity of Domesticated Species? *Adv Genet Eng*, 4:125, doi:10.4172/2169-0111.1000125
- Glazko et al., 2015 – Glazko V.I. Elkina M.A., Glazko T.T. (2015). Genomic Scanning Using the Retrotransposon Fragments as "Anchors", in Animals and Plants. *Biogeosystem Technique*, Vol. 6, Iss. 4, pp. 363–373. doi:10.13187/bgt.2015.6.363
- Glazko, Sister, 2016 – Glazko VI, Sister VG (2016). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres. *ISJ Theoretical & Applied Science*. No 04(36): 46–68. SOI:<http://s-o-i.org/1.1/TAS-04-36-9>, doi:<http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.04.36.9>
- Glazmann, 1987 – Glazmann J.C. (1987). Isozymes and Classification of Asian Rice Varieties. *Theor. Appl. Genet*, Vol. 74, pp. 21–30.
- Harushima et al., 1998 – Harushima Y, M Yano, A Shomura, M Sato, T Shimano, Y Kuboki, T Yamamoto, S Y Lin, B A Antonio, A Parco, H Kajiyu, N Huang, K Yamamoto, Y Nagamura, N Kurata, G S Khush, and T Sasaki (1998). A High-Density Rice Genetic Linkage Map with 2275 Markers Using a Single F2 Population. *Genetics*, Vol. 148(1), pp. 479–494.
- Izawa, 2008 – Izawa T. (2008). The Process of Rice Domestication: A New Model Based on Recent Data. *Rice*, Vol. 1:127, pp. 127–131, doi:10.1007/s12284-008-9014-7
- Kalinichenko, 2016 – Kalinichenko VP (2016). Biogeosystem technique – an innovative method of managing productivity and soil health. / International Scientific and Practical Conference Modern problems of herbology and improvement of soil health (21–23 June 2016), Big Vyazemy, pp. 246–263.

[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,

[Kawase, 2005](#) – Kawase M., Fukunaga K., Kato K. (2005). Diverse origins of waxy foxtail millet crops in East and Southeast Asia mediated by multiple transposable element insertions. *Mol Genet Genomics*, Vol. 274, No 2. pp. 131–140.

[Kenong et al., 2006](#) – Kenong Xu, Xu X., Fukao T., Canlas P., Maghirang-Rodriguez R., Heuer S., Ismail A.M., Bailey-Serres J., Ronald P.C., Mackill D.J. (2006). Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature*, Vol. 442 (7103), pp. 705–708, doi:[10.1038/nature04920](https://doi.org/10.1038/nature04920)

[Khush, 1997](#) – Khush G.S. (1997). Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.*, Vol. 35, pp. 25–34.

[Kunii et al., 2004](#) – Kunii M., Kanda M., Nagano H., Uyeda I., Kishima Y., Sano Y. (2004). Reconstruction of putative DNA virus from endogenous rice tungro bacilliform virus-like sequences in the rice genome: implications for integration and evolution. *BMC Genomics*, Vol. 5:80, pp. 1–14, doi:[10.1186/1471-2164-5-80](https://doi.org/10.1186/1471-2164-5-80)

[Kwon et al., 2006](#) – Kwon S.J., Hong S.W., Son J.H., Lee J.K., Cha Y.S., Eun M.Y., Kim N.S. (2006). CACTA and MITE Transposon Distributions on a Genetic Map of Rice Using F15 RILs Derived from Milyang 23 and Gihobyee Hybrids. *Mol. Cells*, Vol. 21, No 3, pp. 360–366.

[Langham et al., 2004](#) – Langham R.J., Walsh J., Dunn M., Ko C., Goff S., Freeling M. (2004). Genomic duplication, fractionation and the origin of regulatory novelty. *Genetics*, 166(2): 935–945.

[Lee et al., 2006](#) – Lee S.Y., Ahn J.H., Cha Y.S., Yun D.W., Lee M.C., Ko J.C., Lee K.S., Eun M.Y. (2006). Mapping of Quantitative Trait Loci for Salt Tolerance at the Seedling Stage in Rice. *Mol. Cells*, Vol. 21, No 2, pp. 192–196.

[Li et al., 2011](#) – Li Y., Li C., Xia J., Jin Y. (2011). Domestication of Transposable Elements into MicroRNA Genes in Plants. *PLoS ONE*, Vol. 6, No 5: e19212, doi:[10.1371/journal.pone.0019212](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019212)

[Llorens et al., 2009](#) – Llorens C., Munoz-Pomer A., Bernad L., Botella H., Moya A. (2009). Network dynamics of eukaryotic LTR retroelements beyond phylogenetic trees. *Biology Direct*, 4:41, doi:[10.1186/1745-6150-4-41](https://doi.org/10.1186/1745-6150-4-41)

[Mannion, 1999](#) – Mannion A.M. (1999). Domestication and the origins of agriculture: an appraisal. *Progress in Physical Geography*, Vol. 23, pp. 37–56.

[Nagano et al., 2002](#) – Nagano H., Kunii M., Azuma T., Kishima Y., Sano Y. (2002). Characterization of the repetitive sequences in a 200-kb region around the rice waxy locus: diversity of transposable elements and presence of veiled repetitive sequences. *Genes Genet Syst*, Vol. 77, No 2, pp. 69–79.

[Nagano et al., 2005](#) – Nagano H., Onishi K., Ogasawara M., Horiuchi Y., Sano Y. (2005). Genealogy of the "Green Revolution" gene in rice. *Genes Genet Syst*, Vol. 80, No 5, pp. 351–356.

[Olsen et al., 2006](#) – Olsen K.M., Caicedo A.L., Polato N., McClung A., McCouch S., Purugganan M.D. (2006). Selection under Domestication: Evidence for a Sweep in the Rice Waxy Genomic Region. *Genetics*, Vol. 173, No 2, pp. 975–983.

[Paterson et al., 2005](#) – Paterson A.H., Freeling M., Sasaki T. (2005). Grains of knowledge: Genomics of model cereals. *Genome Research*, Vol. 15, No 12, pp. 1643–1650.

[Paterson et al., 2004](#) – Paterson A.H., Bowers J.E., Chapman B.A. (2004). Ancient polyploidization predating divergence of the cereals, and its consequences for comparative genomics. *PNAS*, Vol. 101, No 26, pp. 9903–9908.

[Qu et al., 2006](#) – Qu S., Liu G., Zhou B., Bellizzi M., Zeng L., Dai L., Han B., Wang G.L. (2006). The Broad-Spectrum Blast Resistance Gene *Pig* Encodes a Nucleotide-Binding Site–Leucine-Rich Repeat Protein and Is a Member of a Multigene Family in Rice. *Genetics*, Vol. 172, pp. 1901–1914.

[Sweeney et al., 2006](#) – Sweeney M.T., Thomson M.J., Pfeil B.E., McCouch S. (2006). Caught Red-Handed: Rc Encodes a Basic Helix-Loop-Helix Protein Conditioning Red Pericarp in Rice. *the Plant Cell*, Vol. 18(2), pp. 283–294, doi:[10.1105/tpc.105.038430](https://doi.org/10.1105/tpc.105.038430)

[Thon et al., 2006](#) – Thon M.R., Pan H., Diener S., Papalas J., Taro A., Mitchell T.K., Dean R.A. (2006). The role of transposable element clusters in genome evolution and loss of synteny in the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae*. *Genome Biology*, Vol. 7 No 2, Article R16, doi:[10.1186/gb-2006-7-2-r16](#)

[Vavilov, 1934](#) – Vavilov N.I. (1934). Le problème de l'origine des plantes cultivées. *Annls. Inst. natn. Recb. Agron*, t. 26, pp. 239–246.

[Vavilov, 1931](#) – Vavilov N.I. (1931). The problem of the origin of the world's agriculture in the light of the latest investigations. Science at the cross roads. / Papers presented to the International congress of the history of science and technology held in London from June 29th to July 3rd, 1931, by the delegates of the USSR. London, Kniga (England), LTD. Bush house, Aldwych, 1931, pp. 95–106.

[Wisser et al., 2005](#) – Wisser R.J., Sun O., Hulbert S.H., Kresovich S., Nelson R.J. (2005). Identification and Characterization of Regions of the Rice Genome Associated With Broad-Spectrum, Quantitative Disease Resistance. *Genetics*, Vol. 169(4), pp. 2277–2293, doi: [10.1534/genetics.104.036327](#)

[Xu et al., 2005](#) – Xu J.H., Osawa I., Tsuchimoto S., Ohtsubo E., Ohtsubo H. (2005). Two new SINE elements, p-SINE2 and p-SINE3, from rice. *Genes Genet Syst*, Vol. 80. No 3, pp. 161–171, doi:[http://doi.org/10.1266/ggs.80.161](#)

[You et al., 2006](#) – You A., Lu X., Jin H., Ren X., Liu K., Yang G., Yang H., Zhu L., He G. (2006). Identification of Quantitative Trait Loci Across Recombinant Inbred Lines and Testcross Populations for Traits of Agronomic Importance in Rice. *Genetics*, Vol. 172(2), pp. 1287–1300, doi:[10.1534/genetics.105.047209](#)

References

[Goncharova et al., 2007](#) – Goncharova Yu.K., Ivanov A.N., Knyazeva K.V., Glazko V.I. (2007). Esterase spectra and adaptive plasticity in rice varieties. *Reports of Russian Academy of Agricultural Sciences*, No 1, pp. 3–4. [in Russian]

[Abrouk et al., 2012](#) – Abrouk M., Zhang R., Murat F., Li A., Pont C., Mao L., Salse J. (2012). Grass MicroRNA Gene Paleohistory Unveils New Insights into Gene Dosage Balance in Subgenome Partitioning after Whole-Genome Duplication. *the Plant Cell*, May; 24(5):1776–92, doi:[10.1105/tpc.112.095752](#)

[Beja-Pereira et al., 2003](#) – Beja-Pereira A., Luikart G., England P.R., Bradley D.G., Jann O.C., Bertorelle G., Chamberlain A.T., Nunes T.P., Metodiev S., Ferrand N., Erhardt G. (2003). Gene-culture coevolution between cattle milk protein genes and human lactase genes. *Nature Genetics*, Dec;35(4):311–3, doi:[10.1038/ng1263](#)

[Blanc, Wolfe, 2004](#) – Blanc C., Wolfe K.H. (2004) Widespread Paleopolyploidy in Model Plant Species Inferred from Age Distributions of Duplicate Genes. *the Plant Cell*, Vol. 16, No 7, pp. 1667–1678.

[Chen et al., 2003](#) – Chen H., Wang S., Xing Y., Xu C., Hayes P.M., Zhang Q. (2003). Comparative analyses of genomic locations and race specificities of loci for quantitative resistance to *Pyricularia grisea* in rice and barley. *PNAS*, Vol. 100, No 5. pp. 2544–2549.

[Cooper et al., 2003](#) – Cooper B., Clarke J.D., Budworth P., Kreps J., Hutchison D., Park S., Guimil S., Dunn M., Luginbühl P., Ellero C., Goff S.A., Glazebrook J. (2003). A network of rice genes associated with stress response and seed development. *PNAS*, Vol. 100, No 8, pp. 4945–4950.

[Diamond, 2002](#) – Diamond J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, Vol. 418, pp. 700–707.

[Dian et al., 2004](#) – Dian W., Jiang H., Wu P (2004). Evolution and expression analysis of starch synthase III and IV in rice. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 56, No 412, pp. 623–632.

[Gao, Innan, 2008](#) – Gao Li-zhi, Innan H. (2008). Nonindependent Domestication of the Two Rice Subspecies, *Oryza sativa* ssp. *indica* and ssp. *japonica*, Demonstrated by Multilocus Microsatellites. *Genetics*, Vol. 179, pp. 965–976, doi:[10.1534/genetics.106.068072](#)

[Garris et al., 2005](#) – Garris A.J., Tai T.H., Coburn J., Kresovich S., McCouch S. (2005). Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. *Genetics*, Vol. 169, No 3, pp. 1631–1638, doi:[10.1534/genetics.104.035642](#)

Glazko et al., 2015 – Glazko V., Zybailov B., Glazko T. (2015). Asking the Right Question about the Genetic Basis of Domestication: What is the Source of Genetic Diversity of Domesticated Species? *Adv Genet Eng*, 4:125, doi:10.4172/2169-0111.1000125

Glazko et al., 2015 – Glazko V.I. Elkina M.A., Glazko T.T. (2015). Genomic Scanning Using the Retrotransposon Fragments as "Anchors", in Animals and Plants. *Biogeosystem Technique*, Vol. 6, Iss. 4, pp. 363–373. doi:10.13187/bgt.2015.6.363

Glazko, Sister, 2016 – Glazko VI, Sister VG (2015). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres. *ISJ Theoretical & Applied Science*, No 04(36): 46-68. SOI: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-04-36-9>, doi:<http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.04.36.9>

Glazmann, 1987 – Glazmann J. C. (1987). Isozymes and Classification of Asian Rice Varieties. *Theor. Appl. Genet*, Vol. 74, pp. 21–30.

Harushima et al., 1998 – Harushima Y, M Yano, A Shomura, M Sato, T Shimano, Y Kuboki, T Yamamoto, S Y Lin, B A Antonio, A Parco, H Kajiya, N Huang, K Yamamoto, Y Nagamura, N Kurata, G S Khush, and T Sasaki (1998). A High-Density Rice Genetic Linkage Map with 2275 Markers Using a Single F₂ Population. *Genetics*, Vol. 148(1), pp. 479–494.

Izawa, 2008 – Izawa T. (2008) The Process of Rice Domestication: A New Model Based on Recent Data. *Rice*, Vol. 1:127, pp. 127–131, doi:10.1007/s12284-008-9014-7

Kalinichenko, 2016 – Kalinichenko VP (2016). Biogeosystem technique – an innovative method of managing productivity and soil health. / International Scientific and Practical Conference Modern problems of herbology and improvement of soil health (21–23 June 2016), Big Vyazemy, pp. 246-263.

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,

Kawase, 2005 – Kawase M., Fukunaga K., Kato K. (2005). Diverse origins of waxy foxtail millet crops in East and Southeast Asia mediated by multiple transposable element insertions. *Mol Genet Genomics*, Vol. 274, No 2. pp. 131–140.

Kenong et al., 2006 – Kenong Xu, Xu X., Fukao T., Canlas P., Maghirang-Rodriguez R., Heuer S., Ismail A.M., Bailey-Serres J., Ronald P.C., Mackill D.J. (2006). Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature*, Vol. 442 (7103), pp. 705-708, doi:10.1038/nature04920

Khush, 1997 – Khush G.S. (1997). Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.* Vol. 35, pp. 25–34.

Kunii et al., 2004 – Kunii M., Kanda M., Nagano H., Uyeda I., Kishima Y., Sano Y. (2004). Reconstruction of putative DNA virus from endogenous rice tungro bacilliform virus-like sequences in the rice genome: implications for integration and evolution. *BMC Genomics*, Vol. 5:80, pp. 1–14, doi:10.1186/1471-2164-5-80

Kwon et al., 2006 – Kwon S.J., Hong S.W., Son J.H., Lee J.K., Cha Y.S., Eun M.Y., Kim N.S. (2006). CACTA and MITE Transposon Distributions on a Genetic Map of Rice Using F₁₅ RILs Derived from Milyang 23 and Gihobyeyo Hybrids. *Mol. Cells*, Vol. 21, No 3, pp. 360–366.

Langham et al., 2004 – Langham R.J., Walsh J., Dunn M., Ko C., Goff S., Freeling M. (2004). Genomic duplication, fractionation and the origin of regulatory novelty. *Genetics*, 166(2): 935–945.

Lee et al., 2006 – Lee S.Y., Ahn J.H., Cha Y.S., Yun D.W., Lee M.C., Ko J.C., Lee K.S., Eun M.Y. (2006). Mapping of Quantitative Trait Loci for Salt Tolerance at the Seedling Stage in Rice. *Mol. Cells*, Vol. 21, No 2, pp. 192-196.

Li et al., 2011 – Li Y., Li C., Xia J., Jin Y. (2011). Domestication of Transposable Elements into MicroRNA Genes in Plants. *PLoS ONE*, Vol. 6, No 5: e19212, doi:10.1371/journal.pone.0019212

Llorens et al., 2009 – Llorens C., Munoz-Pomer A., Bernad L., Botella H., Moya A. (2009). Network dynamics of eukaryotic LTR retroelements beyond phylogenetic trees. *Biology Direct*, 4:41, doi:10.1186/1745-6150-4-41

Mannion, 1999 – Mannion A.M. (1999). Domestication and the origins of agriculture: an appraisal. *Progress in Physical Geography*, Vol. 23, pp. 37–56.

Nagano et al., 2002 – Nagano H., Kunii M., Azuma T., Kishima Y., Sano Y. (2002). Characterization of the repetitive sequences in a 200-kb region around the rice waxy locus: diversity of transposable elements and presence of veiled repetitive sequences. *Genes Genet Syst*, Vol. 77, No 2, pp. 69–79.

Nagano et al., 2005 – Nagano H., Onishi K., Ogasawara M., Horiuchi Y., Sano Y. (2005). Genealogy of the "Green Revolution" gene in rice. *Genes Genet Syst*, Vol. 80, No 5, pp. 351–356.

Olsen et al., 2006 – Olsen K.M., Caicedo A.L., Polato N., McClung A., McCouch S., Purugganan M.D. (2006). Selection under Domestication: Evidence for a Sweep in the Rice Waxy Genomic Region. *Genetics*, Vol. 173, No 2, pp. 975–983.

Paterson et al., 2005 – Paterson A.H., Freeling M., Sasaki T. (2005). Grains of knowledge: Genomics of model cereals. *Genome Research*, Vol. 15, No 12, pp. 1643–1650.

Paterson et al., 2004 – Paterson A.H., Bowers J.E., Chapman B.A. (2004). Ancient polyploidization predating divergence of the cereals, and its consequences for comparative genomics. *PNAS*, Vol. 101, No 26, pp. 9903–9908.

Qu et al., 2006 – Qu S., Liu G., Zhou B., Bellizzi M., Zeng L., Dai L., Han B., Wang G.L. (2006). The Broad-Spectrum Blast Resistance Gene *Pig* Encodes a Nucleotide-Binding Site–Leucine-Rich Repeat Protein and Is a Member of a Multigene Family in Rice. *Genetics*, Vol. 172, pp. 1901–1914.

Sweeney et al., 2006 – Sweeney M.T., Thomson M.J., Pfeil B.E., McCouch S. (2006). Caught Red-Handed: *Rc* Encodes a Basic Helix-Loop-Helix Protein Conditioning Red Pericarp in Rice. *the Plant Cell*, Vol. 18(2), pp. 283–294, doi:10.1105/tpc.105.038430

Thon et al., 2006 – Thon M.R., Pan H., Diener S., Papalas J., Taro A., Mitchell T.K., Dean R.A. (2006). The role of transposable element clusters in genome evolution and loss of synteny in the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae*. *Genome Biology*, Vol. 7 No 2, Article R16, doi:10.1186/gb-2006-7-2-r16

Vavilov, 1934 – Vavilov N.I. (1934). Le problème de l'origine des plantes cultivées. *Annls. Inst. natn. Rech. Agron*, t. 26, pp. 239–246.

Vavilov, 1931 – Vavilov N.I. (1931). The problem of the origin of the world's agriculture in the light of the latest investigations. Science at the cross roads. / Papers presented to the International congress of the history of science and technology held in London from June 29th to July 3rd, 1931, by the delegates of the USSR. London, Kniga (England), LTD. Bush house, Aldwych, 1931, pp. 95–106.

Wisser et al., 2005 – Wisser R.J., Sun O., Hulbert S.H., Kresovich S., Nelson R.J. (2005). Identification and Characterization of Regions of the Rice Genome Associated With Broad-Spectrum, Quantitative Disease Resistance. *Genetics*, Vol. 169(4), pp. 2277–2293, doi: 10.1534/genetics.104.036327

Xu et al., 2005 – Xu J.H., Osawa I., Tsuchimoto S., Ohtsubo E., Ohtsubo H. (2005). Two new SINE elements, p-SINE2 and p-SINE3, from rice. *Genes Genet Syst*, Vol. 80. No 3, pp. 161–171, doi:http://doi.org/10.1266/ggs.80.161

You e al., 2006 – You A., Lu X., Jin H., Ren X., Liu K., Yang G., Yang H., Zhu L., He G. (2006). Identification of Quantitative Trait Loci Across Recombinant Inbred Lines and Testcross Populations for Traits of Agronomic Importance in Rice. *Genetics*, Vol. 172(2), pp. 1287–1300, doi:10.1534/genetics.105.047209

УДК 575.22:575.21

Источники изменчивости зерновых культур (аналитический обзор)

Валерий Иванович Глазко ^{a,*}, Татьяна Теодоровна Глазко ^b

^a Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: vigvalery@gmail.com (В.И. Глазко), tglazko@rambler.ru (Т.Т. Глазко)

^b Центр экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий, Российская Федерация

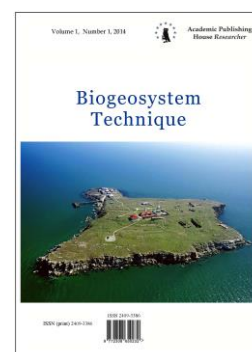
Аннотация. Представлен обзор литературных данных о «генах доместикиации» зерновых и современные представления о закономерностях их эволюции. Обсуждается роль генных дупликаций, транспозиций в дивергенции геномов. На примере эталонного для зерновых культур «компактного» генома риса, наиболее исследованного с генетической точки зрения, обсуждаются накопленные данные о тесной связи между генами устойчивости к абиотическим и биотическим факторам экологического стресса и ключевыми генами контроля процессов развития у растений. Приводятся данные о высоком уровне селективного давления в районах локализации генов-мишеней искусственного отбора, а также участия в изменчивости таких районов транспозирующихся элементов. Рассматривается связь между экзогенными и эндогенными ретровирусами, источниками происхождения таких блоков регуляторных элементов, как кластеры микроРНК. Предложена гипотеза ускоренной эволюции генов, вовлекаемых в процессы доместикиации, основанная на повышенной частоте интеграции транспозирующихся элементов в активно транскрибируемые участки генетического материала. Показано наличие корреляций между интеграцией провирусной ДНК и устойчивостью к ретровирусным инфекциям, а также повышенных частотах рекомбинаций в районах с высокой плотностью локализации транспозирующихся элементов. Обсуждаются возможные генетические механизмы доместикиации, связанные с повышенной частотой интеграции транспозирующихся элементов в активно транскрибируемые участки генетического материала.

Ключевые слова: доместикиация, коэволюция, транспозирующиеся элементы, ретротранспозоны, микроРНК.

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. 8, Is. 2, pp. 115-144, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.8.115
www.ejournal19.com



UDC 550.46:502.33:631.43:631.51

Status of the Earth's geochemical cycle in the standard technologies and waste recycling, and the possibilities of its correction by Biogeosystem Technique method (problem-analytical review)

Valery P. Kalinitchenko ^{a, b, *}^a Institute of Soil Fertility of South Russia, Russian Federation^b All-Russian Scientific-Research Institute of Phytopathology, Russian Federation

Abstract

Conflict between the biosphere and the technology of mankind is due to misunderstanding of the Earth's cycle of substance and its modern management capabilities. National and international development programs are based on outdated simulation technology, and have no prospects. Unsatisfactory results and risk of industrial technology platform in the biosphere are considered on example of the modern anthropogenic Earth's geochemical cycles as unacceptable from the point of view of flows control in terrestrial and aquatic systems, and the preservation of life. For the new phase of the consistent biosphere development the Biogeosystem Technique is offered – the technical means and technology to create sustainable transcendental biogeosystems providing high biological capacity and productivity of soil, waste management, preservation of fresh water.

Biogeosystem Technique – the technical solutions and technologies for biogeochemical cycle management in gaseous, liquid or solid phase. This gives a possible to synthesize the soil with stable valuable dispersed structure by milling loosening of illuvial horizon; reduce fresh water consumption rate for biological production by intra-soil pulse continually-discrete irrigation; increase the rate of environmentally sound recycling in the disperse soil system.

Biogeosystem Technique allows to solve consistently the reduction problems and overcome the environmental problems in a single technological cycle, to have manageable growth of Earth's biogeochemical cycle flux, accelerate the return of substances to the biosphere, increase the production of food and resources with high production results and lower costs, ensure the stability and quality of biosphere, climate, and obtain the long-term economic benefits.

Keywords: geochemical cycle, biosphere, sustainability, Biogeosystem Technique, soil, irrigation, recycling, resources.

1. Введение

Состояние цикла вещества Земли определяет ее перспективу, а также и состояние и перспективу биосферы как единственной оболочки, которая обеспечивает жизнь (Глазко, 2014а). Управление циклом вещества, в том числе циклом отходов, является важной задачей. В СССР, РФ имеется тенденция запретить внесение отходов в почву, сделать для

* Corresponding author

E-mail addresses: kalinitch@mail.ru (V.P. Kalinitchenko)

этого ограничения – в РФ регламент предельно допустимой концентрации (ПДК) по любым видам загрязнения для всех сред самый строгий в мире ([Предельно допустимые концентрации, 2016](#)). С точки зрения пресечения неконтролируемого геохимического цикла опасных веществ это имеет смысл, но только если управление процессом утилизации отходов не на должном уровне. Если геохимический цикл контролировать, тогда за счет эффекта дисперсного разбавления, обеспечения пассивирования загрязнений в почве их влияние на биоту почвы и растения можно существенно уменьшить. А это, увы, во всем мире далеко не так. Полагаем, частью это результат лоббирования своих противоречащих функциям биосферы интересов со стороны производителей отходов, как в случае птичьего помета ([ГОСТ 53765-2009, 2010](#)), частью – нежелание заниматься тяжелым делом.

Минприроды РФ ставит перед собой и региональными министерствами задачу создавать охраняемые территории ([Ассоциация Живая природа степи, 2016](#)). Но если оградить охраняемую территорию, то это по умолчанию означает выдачу министерством индустрии на уничтожение остальных! При таком подходе в ближайшее время сами охраняемые территории падут. Следует не просто охранять, а умножать ресурсы, повышать емкость, устойчивость и продуктивность всей биосферы, создавать для этого новые не имеющие прямых аналогий с природой возможности и обеспечивать привлекательность жизни и деятельности в биосфере. Причем деятельности, безопасной для природы и человека. Поэтому Министерство должно называться, например, Министерство охраны и воспроизводства природных ресурсов и улучшения окружающей среды России. Тогда будут восприняты задачи из области биогеосистемотехники, чему посвящен настоящий обзор.

В XXI веке в РФ и мире исчерпаны ресурсы, а также и возможности индустриальной эксплуатации биосферы ([Byerlee et al., 2009; Reid et al., 2005](#)). Имеет место конфликт биосферы и человечества, в том числе, конфликт с технологиями человечества ([Глазко, 2014б; Соколов, Глазко, 2015б](#)).

Идеология мирового развития не оперирует категориями биосферы.

На Западе в 1973 году придумали когнитивистику ([Longuet-Higgins, 1973; Marr, 1982; Varela et al., 1991](#)), в 1990 – реинжиниринг ([Hammer, Hershman, 2010](#)), экологически дружественные технологии ([Eco-friendly-technology, 2016](#)), в 2002 году США предложили конвергентные технологии NBIC – которые, если строить развитие на их основе, якобы, через 20–30 лет позволят получить до того невообразимые результаты – systems to generate economic wealth on a scale ***hitherto unimaginable*** ([Converging Technologies for Improving Human Performance, 2016](#)). Но «невообразимые» результаты старой технологической платформы имеются уже сейчас, и менять ее надо сейчас, иначе просто не доживем до эры NBIC.

Вместо принципиально новых взвешенных стратегических решений, в РФ в 2013 году (год экологии, он же назначен на 2017 год) объявили российскую копию американского продукта 2002 года, намерение развивать нано-, био-, инфо-, когнитивно-, социальные (НБИКС) науки и технологии ([Ковальчук и др., 2013](#)). Причем заявлено, что будущее использование тех же технологий, что применяет природа, даст гармонию с природой.

Но текущие технологии тоже имитируют природу, однако гармония не просто не наступает, а постоянно искажается.

Ожидание нового технологического уклада в том виде, как это сейчас есть в РФ ([Глазьев, 2013](#)) – развитие в чужом русле. Оттуда недалновидная экономическая стратегия. По этой причине политический дискурс пребывает в ступоре, в нем не обсуждаются отечественные институциональные научно-технические направления, распространено потребление и Downshifting, в результате ***РФ представляет собой неэффективную смесь мертвых технологических укладов***. Необходимо иметь в виду, что природно-территориальные комплексы, экономика каждой страны специфичны – таким же, а лучше – опережающим, основанным на принципиально новых отечественных инновационных интеллектуальных продуктах должен быть технологический уклад.

Долгосрочные международные и отечественные программы финансирования развития основаны на устаревших технологиях и экономических инструментах, потому не имеют перспективы ([Алексеев, 2014](#)). Продолжение сложившейся практики развития приведет к неблагоприятным политическим, экономическим и общественным последствиям.

Применение устаревших технологий природопользования антиконституционно, опасно для текущей и длительной перспективы обоих атрибутов государственности:

- земель, которые нечем будет заменить,
- народа, которому следует обеспечить наилучшие условия жизни, творческого эффективного и безопасного труда.

Экономика подменена хрематистикой, что приводит к использованию устаревших технологий, которые позиционированы как вторичные по отношению мнимой в рамках биосферы, но, все же, единственной цели современной экономики: производство, распределение, обмен, потребление. Имитационное, стремящееся вырвать из природного процесса и повторить некоторые представляющиеся полезными явления, природопользование плодит не повышение потребления, а загрязнение биосферы, низкое качество жизни и голод.

РФ заявила в ООН вектор развития природоподобных технологий (Путин, 2015).

Но принципиальные недостатки современного состояния природоподобных технологий в том, что они ориентированы в будущее, причем пока под этим термином по умолчанию стоит заимствованный НБИКС. На текущем этапе – это только мечта о том, что надо бы дружить с природой, но нет посылы к тому, чтобы демпфировать биосферу, изменить циклы вещества, наращивать ресурсы, и для этого сменить парадигму развития.

Политикам и заинтересованным лицам предлагают снабженную сетевой поддержкой систему принятия решений о модернизации использования земель ввиду изменения земель под воздействием антропогенного фактора (Tayyebi et al., 2016). Однако система ориентирована только на известные драйверы: геоморфологическую структуру землепользования, а также севооборот, плодосмен. Такой подход уже недостаточен для надлежащего управления биогеосистемой.

На имеющейся технологической базе реализовать стратегию развития человечества на Земле невозможно.

2. Методы имитации природных процессов в природопользовании, необходимость перехода к биогеосистемотехнике

Имитационный подход к природопользованию – это неэффективные полумеры в рамках индустриальной технологической платформы – неэффективный менеджмент, в том числе в сфере мониторинга, экологии, охраны окружающей среды, технологии и экономики.

Имитация часто сведена к простому, причем своекорыстному, подражанию в целях извлечения прибыли, что, увы, причина усиления отрицательных результатов технологии. Это показано нами на примере агротехники, ирригации, охраны окружающей среды, флуктуации климата, технологического развития (Калиниченко, 2012).

Имеются примеры копирования не просто технологии, но даже тиражирования опасного для экосферы подхода к ее использованию.

Во Флориде отходы химического производства опасны для окружающей среды, и их помещают в хвостохранилища (Health and Ecosystem Protection, 2016).

Ситуация с точки зрения цикла вещества Земли странная, поскольку многие эксперименты, проведенные в США, показывают не просто безопасность, но полезность размещения фосфогипса (Cd 0.23 мг/кг, 925 Вq/кг) в почве в дозе до 112 т/га (Mays and Mortvedt, 1984). Эта кажущаяся странность имеет очень простое объяснение, не имеющее ничего общего с проблемами экосферологии. Для того чтобы облегчить себе жизнь, выполнено лоббирование норматива радиоактивности фосфогипса 370 Вq/kg, в результате он стал «опасным» (но только с точки зрения американского законодательства) веществом, с которым нельзя работать. Тот факт, что за счет разбавления фосфогипса в почве в 100 и более раз радиоактивность соответствующим образом снижается до абсолютно безопасной, а также и тот факт, что слой почвы 20–30 см снижает радиоактивное излучение во много раз (Radiation protection, 2016), в США не замечают. Причина избирательности восприятия действительности очень проста – влиятельные дауншифтеры из США приватизировали земли возле химических комбинатов, и именно там размещены хвостохранилища, которые стали источником дохода для счастливых владельцев земель. По этому удобному примеру поступают в РФ – не надо решать важную проблему охраны окружающей среды, раз ведущая экономика мира этой проблемой не занимается.

И размещают на берегу реки Белой, как и в других местах, свои хвостохранилища, которые наносят вред обширным экосистемам. Для обоснования этого всегда можно найти экспертов.

Но такого рода копирование, пусть даже снабженное модным, но чаще всего не содержательным с точки зрения реальной практики защиты окружающей среды ярлыком корпоративной социальной ответственности (Костин, 2005), недопустимо. Одно из оснований для такого заключения следующее. Во Флориде для химического сернокислотного производства минеральных удобрений используют экологически опасное сырье – отход содержит 47 мг/кг Cd, его радиоактивность составляет до 1700 Bq/kg (World Nuclear Organization, 2015). Но в РФ используют экологически чистое сырье, поэтому в отходе содержится всего 0,2 мг/кг Cd, радиоактивность менее 100 Bq/kg (Hilton, 2016), и этот продукт – прекрасное сульфатсодержащее вещество для рециклинга в почве. В отсутствие законодательных ограничений, неприменение фосфогипса для утилизации в почве – незаконное бездействие со стороны производителя, которого во всем мире сейчас рассматривают как ответственного за утилизацию основных и побочных продуктов собственного производства.

Человечество без всяких на то оснований самонадеянно определило продукты своей деятельности как отходы. А эту деятельность «скромно» определило как «природопользование». Тогда надо сказать правду, это не природопользование, а насилие над природой особо изощренным способом.

С точки зрения Мироздания это более чем заносчивое отношение к уникальному веществу Космоса, а его обитателям Земли отведено в микроскопическом количестве. Следует особо отметить, что после того как человечество полностью или в значительной части переведет вещество Земли в состояние отходов, заменить это уникальное вещество будет уже нечем.

Но на это даже нет возможности обратить внимание, поскольку вместо обретения целостной картины мира и основанной на этом целесообразной долгосрочно мотивированной деятельности человечество занимается решением ложных проблем.

Свой недалёковидный деструктивный вклад в неудовлетворительное состояние окружающей среды вносит общественность, партийное движение. Лозунги привлекательные: «Экология – это касается каждого, это либо счастливая и долгая жизнь, либо преждевременная старость и смерть! Выбирай...» (Дижур, 2016). Но при том же всем самоцель – собственно организация, во имя ее все строится. Предлагают, например «...закрыть Кулаковский полигон» – правильно, хорошо, но что взамен полигона? Этот и другие вопросы управления окружающей средой всегда ставят в тупик экологов (Ecology, 2016).

Человечество не может надеяться на обретение в обозримой перспективе новых миров. Это важный мотив к тому, что современное видение экономики вне биосферы не имеет права на существование. Актуальна разработка адаптационных механизмов к меняющимся условиям окружающей среды и климата, эффективных технологий защиты от деградации биосферы и экстремальных погодных явлений (Kudeyarov, 2015). Потому нужно для достижения развития мира на основе идеи природоподобности, формируя стратегический вектор развития, опереться на биогеосистемотехнику, вводить это понятие в дискурсы (Калиниченко и др., 2015), и опираться на ее научно-технические возможности для установления непротиворечивого взаимодействия Геосфер, Человечества и его Технологии, что обеспечит рост ресурсов Земли вместо их современного истощения, а также и долгосрочный горизонт развития.

Биогеосистемотехника это технические средства и технологии, обеспечивающие создание трансцендентальных, но природоподобных биогеосистем, имеющих более высокую биологическую продуктивность, устойчивость, обеспечивающих утилизацию отходов, декарлинг расходов и продукта производства, высокое качество окружающей среды по сравнению с ранее известными технологиями и природными биогеосистемами (Glazko and Sister, 2016). Биогеосистемотехника принципиально отличается от NBIC, НБИКС тем, что не отсылает пользователя к отдаленному будущему – элементы биогеосистемотехники уже прошли успешную длительную апробацию в практике (Kalinichenko et al., 2014). Будет обеспечена не только утилизация отходов, но усиление потока вещества геохимического и

других циклов Земли, повышение качества среды обитания человека жизни, ее рекреационное содержание.

3. Результаты современного природопользования, нестабильность биосферы, ограниченные возможности современных методов управления биосферой

Нестабильность (uncertainty) климата, биосферы и других геосфер в настоящее время – предмет озабоченности и интереса (Roe et al., 2015; Rogelj, Knutti, 2016). Во многом, как индикатор опасности для человечества, свидетельство ограниченности методов управления окружающей средой и климатом в основных технологиях, и особенно в сфере управления отходами. Неверное понимание развития недальновидно оторвано от производства, и потому очень опасно. Современные попытки контроля биосферы содержат в себе внутренние противоречия, что ведет к отрицательным результатам природопользования.

Повсеместно в мире распространена усиленная деградация почвы, воды и растительности. В Тунисе это подтверждено не только на уровне обобщения, но показано объективными данными, что, начиная со второй половины XX века, наблюдается усиленная деградация почвы, воды и растительности в Тунисе – техногенное опустынивание территории страны нарастает (Delaitre et al., 2014).

В мире имеется беспокойство о фермерах, почвах и растениях (Bouzaida, 2014). Но для реализации такого рода озабоченности применяют устаревшие технологии, которые лишь усиливают проблемы, приводят к росту затрат. Это – не частный недостаток реализации – системный кризис устаревшей индустриальной парадигмы развития. Декоративные и частные меры не меняют ее неприемлемой в ноосфере сути.

В эксперименте в барокамере установлено, что в условиях очень низкого потенциала воды в тканях растения стресс испытывает даже саксаул (Arabzadeh & Shahidi, 2014). Если влажность почвы падает настолько, что потенциал воды в ветвях саксаула составляет -1,2 МПа, то это обуславливает начальные внешние проявления засухи, при потенциале -1,6 МПа внешний вид ветвей растения отражает сильную засуху. Моделирование именно в таком жестком диапазоне термодинамического потенциала воды выполнено ввиду того, что это состояние влажности, увы, все чаще наблюдают в почвах и растениях по мере расширения ареалов опустынивания Земли.

Проблема загрязнения окружающей среды приобретает все большую остроту. Для сорбции тяжелых металлов предлагают самые разные варианты решения, в том числе даже графен-магнетитовые композиты (Tayyebi et al., 2014). Но куда затем направим адсорбированный свинец, и другие тяжелые металлы?

Проблема утилизации нежелательных и опасных веществ в мире все острее.

Тяжелые металлы по-разному воздействуют на растение в зависимости от того, каковы условия их поступления из почвы в организм. Это продемонстрировала J Kwasniewska на 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences 2014 в Дубае (Kwasniewska, 2014). Она проиллюстрировала опасность на примере гидропоники лука, и показала, что тяжелые металлы при высокой влажности почвы беспрепятственно попадают в растение, и это приводит к повышению вероятности мутации организма. Понятно – применяют разбавленный почвенный раствор, и потому не работает геохимический барьер почва – растение. К тому же, в результате разбавления почвенного раствора низкой является в растении концентрация межклеточного сока, следовательно, ослаблены также и функции внутренних биологических барьеров в растении.

Ввиду загрязнения окружающей среды, водных и наземных систем муниципальными стоками предлагают выполнять конверсию муниципальных отходов в летучие жирные кислоты и компосты с использованием наночистоты (Bonk et al., 2014). Но воду после наночистоты надо очищать полностью, или все получится с точностью, как это уже происходит в Дубае, Калифорнии (Rasheed, 2011; Sforza, 2016). Однако очистить полностью воду муниципальных стоков даже наночистотой в принципе невозможно – при атмосферном давлении растворимость H_2S и других газов меньше чем под избыточным давлением в фильтрах и трубах. Потому по всему Дубаю, где применяют такой способ очистки, стоит неприятный запах даже в январе, ведь там воду после очистки

муниципальных стоков методом обратного осмоса подают для ирригации озеленительных насаждений открытым способом – посредством дождевания или капельного полива.

Конверсия была бы не частичной, как сейчас, да еще и осложненной отрицательным санитарно-гигиеническим и рекреационным результатом, а полной, если бы муниципальные отходы подавали в дисперсном виде внутрь дисперсной системы почвы, причем совместно с промышленными отходами, как то предусматривает биогеосистемотехника (Калиниченко, 2016). Это позволило бы синтезировать почву, и обеспечить ее функционирование за счет увлажнения и питания растений теми же сточными водами, но только внутри почвы. Было бы исключено неблагоприятное влияние отходов на окружающую среду, причем потребовался бы значительно меньший уровень очистки воды, можно было утилизировать вещество большей нормой, и утилизация вещества была бы полной.

Средства, потраченные на дорогостоящие, но неработоспособные ввиду того что они не соответствуют природе биосферы технологии, следует направлять на современные трансцендентальные природоподобные технологии биогеосистемотехники. Любо́й капитал является общественным продуктом, вне человеческого сообщества он не имеет никакой цены, потому использовать его надо на кардинальное улучшение условий общественной жизни и деятельности. Иной путь – экзотическое около экологическое времяпрепровождение, как у Б. Гейтса, который пьет воду, полученную прямо из фекалий (Bill Gates drinks water distilled from human faeces, 2016). Восхитительная забава. Но это опасная потеря средств и, основное, времени, которого у современной цивилизации не так много для модернизации современного геохимического цикла биосферы Земли, который по сравнению с прошлыми геологическими эпохами крайне обеднен – огромные количества вещества, в том числе воды, выведены в жидкие и твердые донные, гидросферные и литосферные депозиты.

4. Обсуждение – возможности управляемого антропогенного техногенного геохимического цикла Земли

Геохимический цикл Земли – секвенция геохимических процессов, миграции и возврата вещества в состояние близкое к исходному практически замкнут, если рассматривать период в несколько миллиардов лет. Однако даже на этот цикл оказывали и оказывают в настоящее время влияние унос вещества с Земли, сток вещества на Землю из Космоса.

С точки зрения геохимического цикла следует выделить ключевые факторы неустойчивости геосфер, особенно биосферы, которые необходимо контролировать, и предложить новые возможности управления этими факторами. Чем меньшая часть Земли принята во внимание, тем более разомкнутым является геохимический цикл рассматриваемого элемента в силу вертикально-латеральных эффектов переноса. Во многом ситуация позитивна с точки зрения природы, поскольку, исходя из доступных наблюдению явлений, разнообразие условий определяет биологическое разнообразие – возможно, это функция цели природы. Но в плане предсказуемости биосферы, тем более, управления ею, неконтролируемый перенос вещества противоречит задачам технологии и природопользования.

Разомкнутый характер парциальных геохимических циклов определяет, в том числе, отрицательный результат технологической активности. Потому с точки зрения хозяйственного использования земель разомкнутость геохимического цикла – неблагоприятное обстоятельство. С одной стороны, это высокий дополнительный расход вносимого в почву вещества по сравнению с идеальной ситуацией отсутствия геохимического стока при замкнутом геохимическом цикле. Но на это приходится идти для поддержания объекта в геохимических рамках, в которых сохраняется возможность получения заданной биологической продукции в норме и объеме, обеспечивающих экономически приемлемый результат. С другой стороны, геохимическое перераспределение вещества опасно тем, что в результате возникают области аккумуляции, в которых избыточное вещество концентрируется и становится опасным. Например, на уровне микромасштаба – это эвтрофирование водоемов органическими и минеральными

веществами. Следует учитывать, что макроявления и микроявления в геосферах тесно связаны.

Еще пример – внесли химический мелиорант в почву, и в результате получили непродолжительный 3–5 лет почвенно-мелиоративный эффект (Березин и др., 2013; Семендяева, Елизаров, 2014; Троценко, Тарасова, 2014). Ситуацию в рамках рассматриваемого технологического действия можно объяснить логикой недостаточного совершенства технологии, или еще проще, как обычно, ошибками реализации технологии. Однако, как правило, в действительности объяснением является более сложный, чем только учтенный в операции мелиорации почвы, геохимический цикл объекта биосферы. Результат мелиорации может оказаться под влиянием более значимого геохимического процесса – засоления почвы, которое одним лишь внесением мелиоранта преодолеть нет возможности, причем в таком варианте далеко не всегда можно добиться результата даже дренированием территории. Другим обстоятельством является недостаточная дисперсность почвы и недостаточный ее дисперсный контакт с внесенным веществом, что в силу тупикового характера пористости почвы (Shein et al., 2014) нивелирует идею обеспечения заданных физико-химических свойств почвенного континуума. Это ввиду того что воздействие на этот континуум в стандартной технологии производят только на уровне макроагрегатов почвы, преимущественно природного, но не технологического происхождения.

В экологии, и еще раньше в земледелии, сформулирован закон возврата. Биogeосистема за счет возврата вещества, которое из нее временно отчуждается в виде используемой на верхних уровнях трофической цепи биомассы, будет функционировать в квазистационарном режиме. Однако и в таком варианте природной системы под влиянием флуктуаций геосфер, тем более, под воздействием антропогенного фактора всегда будут происходить значимые разрывы геохимического цикла.

Даже на уровне агрохимии можно вести речь о понятном геохимическом управляемом цикле вещества только в полностью изолированной системе гидропона. Агрохимия для случая открытого грунта, тем более, системы дождевой агротехники, оперирует только оценками компенсации выноса вещества с урожаем, причем чаще всего эмпирические рекомендации об удобрении почвы, основанные только на прошлой агрохимической практике, дают ту же точность оценок, что и относительно более обоснованный балансовый метод (Шеуджен, Бондарева, 2015). Т.е. априори учтены далеко не все составляющие геохимического цикла вещества.

Управление содержанием тяжелых металлов в почве, поступающих туда в результате антропогенных причин, в том числе, при внесении в почву содержащих тяжелые металлы удобрительных и мелиорирующих веществ, является важной проблемой. Например, фосфогипс полученный в результате производства фосфорных удобрений из сырья, добытого в США, Марокко имеет неудовлетворительные свойства: радиоактивен, содержание Cd в 200 раз больше чем в апатите, добываемом в России (Soil Liquid Phase Composition, 2016; Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region, 2016; World Nuclear Organization, 2015). Очевидно, что если отходы в США опасны, то аналогичные отходы, подученные в России, но из экологически чистого сырья – приоритетное вещество для рециклинга в почве (Lapin and Lyagushkin, 2014).

Для улучшения условий трансформации тяжелых металлов в почве предлагают пассивировать тяжелые металлы антропогенного происхождения, находящиеся в почве, карбонатом кальция в ежегодно обрабатываемом слое почвы 0–20 см (Minkina et al., 2011). Однако при этом одновременно будут пассивироваться и элементы питания, особенно фосфор. Кроме того, в силу волатильности верхнего слоя почвы, чем больше будет его турбация, норма внесения кислых удобрений, количество атмосферных осадков, выше степень варьирования этих обстоятельств динамики тяжелых металлов, тем большей будет степень неопределенности их содержания, выше вероятность повторного включения в трофические цепи.

Тяжелые металлы ведут себя в почве по-разному. Например, для селена характерна узкая грань между токсичностью и необходимостью для растений. Тем не менее, экспериментальные данные, полученные в 1964 г. J. Rosenfeld и O.A. Beath, указывают также и на активное всасывание растением соединений селена из почвы (Шеуджен, 2003). При этом избыток соединений селена связывается органическими кислотами и выводится

из растений (Синдирева, 2016a). Т.е. при разработке технологии следует иметь в виду возможности регулирования переноса вещества в системе «почва – растение» самим растением. Но для этого необходимо создать соответствующие возможности. Селен применяли в виде соли с доведением его содержания в почве до 0,5 ПДК (11,7 кг/га), 1 ПДК (23,7 кг/га), 2 ПДК (47,7 кг/га) (Синдирева, 2016б). В опыте наибольшее содержание селена в зеленой массе ярового рапса 4,7 мг/кг сухого вещества, в 33 раза выше уровня фона, при внесении селена в почву в дозе 47,7 кг/га. Через 4 месяца употребления в организме крыс были зафиксированы явления гипоксии. Снизилось количество в крови эритроцитов на 21,7, концентрация гемоглобина 25,7%. Это можно связать с усиленным гемолизом в результате прямого воздействия селена на белки эритроцитов и опосредованным действием через усиление липопероксидации мембранных структур.

Есть необходимость контролировать влажность почвы для оптимизации подвижности и доступности, как селена, так и других микроэлементов, таким образом оставлять их в этом качестве, но не в качестве опасных тяжелых металлов. Управление влажностью почвы методами биоэкоотехники даст новые возможности использовать синергизм микроэлементов.

Важный аспект управления геохимическим циклом вещества – исключение, по крайней мере, преодоление опасного для высших организмов эолового переноса вещества, в том числе антропогенного аэротехногенного загрязнения. Тезис об эоловом переносе – важнейший аспект утилизации вещества, качества среды обитания (Медведева и др., 2012; Мун и др., 2013).

Моделировали загрязнение растений ячменя свинцом в двух вариантах: а) непосредственное некорневое загрязнение эоловым путем через устьичный листовой аппарат живого растения; б) загрязнение растения через корневую систему из почвы. Уровни загрязнения в обоих вариантах выбрали равными. Установлено, что загрязнение продукции (зерна ячменя) при некорневом поступлении свинца в растение было в несколько десятков раз больше, чем при корневом поступлении. Эксперимент показывает, что при открытом хранении отходов, которое ведет к эоловому переносу загрязнения, существует высокая опасность загрязнения для биосферы. Наоборот, если загрязнение утилизировать в почве, его опасность меньше в сотни раз. Это за счет исключения эолового поступления в дыхательную систему организма, в результате действия геохимических барьеров почвы (Ляшенко, Калиниченко, 2006).

Во многом неуправляемый геохимический перенос вещества, который приходится полагать неблагоприятным обстоятельством при решении задачи управления биосферой, является следствием тяготения человечества к ареалам, где природная среда относительно благоприятна для жизнедеятельности без кардинального воздействия на нее. На текущем этапе геологической истории такие условия протекания жизни имеют место в Европе. В значительной степени именно это обстоятельство является побуждающим мотивом ее высокого уровня развития (в силу относительно слабых природных причин, сдерживающих развитие, когда нет необходимости постоянно преодолевать то засуху, то морозы, тратить ресурсы, силы, время). Но относительно благоприятные условия имеют обратную сторону. Во-первых, они связаны с более высоким, чем в целом на Земле, уровнем гумидности климата, что, кстати, не очень благоприятное обстоятельство для человека как биологического вида, поскольку провоцирует заболевания самой важной системы – опорно-двигательной, затем и других систем. Во-вторых, гумидность климата обуславливает значительный гидрологический перенос вещества. Например, в северных странах Европы дренирование земель является ведущим условием преодоления их избыточного увлажнения. Даже на юге Европы есть необходимость в дренировании. Например, в Хорватии (Šimunić et al., 2011) рассматривают не наличие или отсутствие геохимического стока химических элементов, поскольку последнее там – это само собою разумеющееся обстоятельство. Вопрос о потере вещества даже не ставится, поскольку в такого рода геохимических условиях иной возможности, предпосылок замкнуть геохимический цикл, нет. Рассматривают только то, насколько интенсивно теряются в дренаж вода, азот и гербициды, внесенные в почву, причем они были внесены вовсе не для того, чтобы они поступили в геохимический сток ландшафта. Следствием является еще одна проблема – насколько концентрация опасных веществ в дренажной воде превышает ПДК.

Иногда полагают, что необходимость дренирования ландшафта связана только с ирригацией. Но ирригация в ее современной неприемлемой для ландшафта конфигурации резко усиливает неблагоприятные геохимические последствия хозяйственной деятельности, и там это особенно заметно. Однако геохимические проблемы неблагоприятного и неконтролируемого переноса вещества свойственны всем регионам Земли, где количество воды достаточно для развития жизни. Так что степень разомкнутости геохимического цикла можно полагать следствием гумидности ландшафта. Это, например, Северо-запад РФ, как и прилегающие страны Балтии, где распределение населения, промышленная и сельскохозяйственная деятельность привели к тому, что Финский залив, Балтийское море стали, по существу, выгребными ямами для опасных жидких стоков ([Утилизация навоза/помета, 2016](#)). То же – залив в Рио-де-Жанейро ([Carneiro, 2014](#)).

Геохимия суши в связи с современным природопользованием определяется, увы, не тем, насколько природопользование выстроено согласно геохимии, а только лишь достаточной (но уже не всегда) буферностью природы, которая, всё же, имеет пределы, причем склонна к коллапсу. Особенно ввиду того, что в настоящее время буферные свойства биосферы на уровне макромасштаба, тем более, задачу их усиления на уровне микромасштаба – сферы деятельности, никак не принимают во внимание ни в горнодобывающей, ни в промышленной, ни в сельскохозяйственной, да и ни в какой иной сферах деятельности.

По этому поводу есть один из многих отрицательных примеров ирригации в Ростовской области ([Калиниченко и др., 2011](#)). Напомним, ирригация по замыслу направлена исключительно на дополнительное снабжение культурных растений водой. Но достижение этой цели деформирует неверно выстроенная без учета свойств воды, почв, растений, ландшафтов действующая фронтальная гравитационная континуально-изотропная парадигма ирригации, дефект которой, в свою очередь, обуславливает несовершенство технических средств ирригации. В результате ирригация ведет к низкой урожайности сельскохозяйственных культур, деградации воды, почвы и ландшафта. Одно из следствий, которого в принципе быть не должно, это ежегодный геохимический сток легкорастворимых солей из-под ирригационных объектов Ростовской области в совершенно фантастических размерах – до 2 млн т в год ([Бронфман, Хлебников, 1985](#)). Причем ранее эти соли были пассивированы в зоне аэрации и насыщения под ареалами почв черноземной и каштановой зон почвообразования, но в результате ошибочного природопользования вовлечены в современный антропогенный геохимический цикл. Это вредит почвам, Дону, Азовскому морю, всем представителям флоры и фауны территории.

Приведенное на примере Ростовской области наблюдение является универсальным для всего мира, поскольку технологии ирригации повсеместно стереотипны, а агрофизические и гидравлические свойства почв близки ([Ochoa, 2014](#)).

Тем не менее, с упорством достойным лучшего применения в РФ пытаются продавливать старую программу мелиорации, в том числе ирригации, которая дискредитировала себя и в РФ, и в мире ([Постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013](#)).

Геохимический цикл вещества Земли в решающей степени обусловлен переносом вещества водой – самым сильным растворителем. Ведущим агентом переноса является гидрологический режим Земли – латеральные и вертикальные закономерности переноса воды и водных растворов вещества по дневной поверхности, и внутри почвы и геологических отложений Земли. Разнообразие гидрологического режима – один из агентов разнообразия биосферы. Но неопределенность гидрологического режима, которая в настоящее время усиливается ([Yuan et al., 2014](#); [Woldemeskel et al., 2014](#); [Wiß et al., 2014](#)), является неблагоприятным обстоятельством при выстраивании прогноза геохимических циклов. Тем более, попыток контроля геохимического цикла.

Обратная связь «наземная система – атмосфера» в условиях неизменных драйверов гидрологического режима усиливает аридность суши при потеплении климата, которое проявляется в повышении температуры мирового океана ([Berg et al., 2016](#)).

Имеются возможности регулирования гидрологического режима Земли, которые следует использовать при организации геохимического цикла ([Минкин, Калиниченко, 1981](#)).

Предложены также принципиально новые возможности дискретного (и без транзита!) размещения воды и растворенного в ней вещества внутри почвенной (геологической) дисперсной системы (Kalinitchenko, 2016). В этом свете подлежат принципиальному пересмотру педотрансферные функции почвы и геологических отложений (Shein et al., 2013b). Такая необходимость сложилась ввиду того, что на современной технологической базе нет возможности преодолеть неблагоприятные обстоятельства переноса вещества сквозь почву и геологические отложения, это часто ведет к ухудшению свойств почвенного или литосферного континуума, сквозь который протекает перенос, а также обуславливает неуправляемый перенос вещества. Но проблему можно преодолеть на новой технологической базе, разместив водный раствор в заданном элементе континуума почвы или геологического отложения минуя стадию переноса сквозь сопряженные отложения. К тому же, новой темой обсуждения в связи с переносом является возможность разместить геохимический продукт в заданном элементе почвенного континуума (Калиниченко, 2010a; Калиниченко, 2011), уже без учета задачи его доставки путем переноса внутри почвы. Это позволяет существенно увеличить концентрацию доставляемого раствора, что значимо с точки зрения объема продукта, который в геохимических процессах бывает весьма значительным, а также с точки зрения решения задачи пассивирования малорастворимых веществ, исключения их неконтролируемого геохимического переноса (Zaitseva et al., 2003). Эта новая возможность управления гидрологическим режимом, геохимическим циклом Земли, следовательно, свойствами почвенного и геологического континуума, геохимическими барьерами рассмотрена нами с позиции биогеосистемотехники. При планировании контролируемого управляемого геохимического цикла вещества надо рассматривать не только возможности интенсификации включения в современный геохимический цикл полезных веществ, в том числе, ископаемых, а также продуктов их переработки и преобразования в технологии, но также исключение целевого вещества из этого цикла, пассивирование. В отношении пассивирования вещества в геосферах имеется пример NaCl. Это вещество состоит из в высшей степени полезных для геохимического цикла биосферы химических элементов, которые представлены во всех живых организмах, но избыточное содержание NaCl в воде или организме губительно для живого. Наличие жизни на Земле не в последнюю очередь обусловлено тем, что значительные количества NaCl находятся вне биосферы, в других геосферах в пассивированном состоянии, как и тем, что морские организмы приспособились к концентрации солей и вещественному составу воды Мирового океана.

Эту возможность пассивирования необходимо использовать в трансцендентальных системах утилизации вещества, причем полезные вещества следует активировать и направлять в рециклинг, а опасные – пассивировать. Возможность реализации такого подхода имеется в автоморфных сухостепных, полупустынных, пустынных ландшафтах. Это за счет контролируемого дискретного распределения вещества внутри почвенного континуума в фокусе его растворения (или уменьшения растворения), повышения (понижения) подвижности, особенно в свете закономерностей ассоциации и комплексообразования ионов в почвенных растворах (Endovitsky et al., 2014; Batukaev et al., 2014), когда есть возможность перевести опасные вещества в нерастворимые формы. Это все на фоне небольшого природного увлажнения и дополнительного минимально необходимого дискретного увлажнения почв, что позволяет экономить воду и одновременно управлять подвижностью вещества. В почве одновременно с рециклингом вещества можно пассивировать значительные количества опасных продуктов современных технологий без неблагоприятных экологических последствий для почв. Причем непосредственно после внесения вещества в почву некоторых случаях желательно придать ей относительно высокую влажность для обеспечения протекания обменных реакций с внесенным веществом. Это можно сделать искусственно, а также выполнить технологию с учетом динамики природного гидрологического режима территории. После протекания обменных реакций следует поддерживать минимально необходимую для питания растений влажность, что одновременно обеспечит формирование заданных геохимических барьеров, пассивирование опасных веществ, внесенных в почву при рециклинге. Это позволяет снизить остроту проблемы избыточного поступления в растение опасных веществ. Возможность такого гидролого-геохимического режима обеспечивается в степи, сухой степи,

полупустыне, пустыне, где распределение атмосферных осадков, температуры воздуха и почвы в течение года такое, что влажность почвы в период органогенеза растений относительно невысокая. С позиции природоподобности нужный с геохимической точки зрения режим влажности почвы позволяет реализовать биогеосистемотехника.

В отношении возможностей утилизации вещества в почве следует иметь в виду, что устойчивость биоты почвы к загрязнению много больше, чем высших растений и животных, причем на уровне 100 ПДК и выше (Kolesnikov et al., 2013). Это важный мотив совместной утилизации и пассивирования вещества в почве, что обеспечит эффект, превышающий индивидуальное действие отдельных веществ – будет реализован принцип синергизма, системного действия.

Ограничения на утилизацию вещества накладывают нормативы ПДК, которые в некоторой степени обоснованы для воды и воздуха, поскольку они постоянно присутствуют в жизненном цикле животных и растений, но для почвы – совсем нет, поскольку загрязнение, которое находится в почве, может влиять на протекание жизни, а может пребывать в пассивированном химически или гидрологически состоянии.

В мире имеет место драматическое расхождение директивных лимитов загрязнения (CLEA 2009).

Потому Christopher M. Teaf с соавторами (Teaf, 2010) полагает, что «продолжать ориентироваться на мешанину предписаний, которые частью внешне обоснованы с точки зрения охраны здоровья, но неприемлемы для большинства реальных почв, а частью базируются на кларке, но без подтверждения потенциальной токсичности бессмысленно с точки зрения научной оценки риска и токсичности».

Это – продуктивная с точки зрения биогеосистемотехники дефиниция. Она может быть продолжена и использована как мотив оценки и управления загрязнением в почве не по тому стандартному обстоятельству, что некий загрязнитель просто пребывает в почве, но с точки зрения степени его пассивирования, метаболизма до состояния элемента питания, последующего включения в трофическую цепь как макро- или микроэлемента питания дозированием в ризосфере потока почвенного раствора к растениям посредством дискретного регулирования цикла вещества вплоть до уровня микробассейнов почвенного раствора (Batukaev, 2016a; Batukaev, 2016b).

В арктическом холодном климате биологические отходы, включая продукты жизнедеятельности человека и животных, практически не разлагаются (Шевчук, 2016). Это требует принятия нестандартных мер, иначе Арктика погибнет, и принятие стандартных мер ликвидации накопленного ущерба – только первый шаг. Необходимы превентивные меры, новый режим взаимодействия с этой неустойчивой окружающей средой.

Подобная ситуация имеет место в бореальных широтах. Она осложняется некалтифицированным природопользованием, что привело к тотальному загрязнению Балтийского моря биогеонами (Утилизация навоза/помета, 2016).

Компосты полагают бесполезными в бореальных регионах, их некуда девать. С точки зрения ограниченных возможностей биологической продукции и эксцесса гумидного гидрологического режима есть опасность избыточного выщелачивания органического вещества компостов, его неуправляемого перераспределения в природно-территориальном комплексе, эффектов концентрации, трансформации опасного вещества, загрязнения наземных и водных систем (Пешков, 2016).

Органо-минеральные компосты для внесения в почву приемлемы только на юге (Белюченко, 2016).

В последние десятилетия для утилизации отходов применяют инсинерацию. Продукты сжигания отходов в современных системах инсинерации с дожиганием безопасны, однако только в случае применения стандартного теста на срезе трубы – именно под этот тест проводили разработку системы инсинерации. Но продукты сгорания станут опасными в процесс охлаждения в выбросе, взаимодействуя с веществом атмосферы, а также после выпадения на поверхность почвы – в результате взаимодействия с веществом природно-территориального комплекса. Опасные вещества можно сейчас обнаружить даже и на срезе трубы, но не имеющимися в настоящее время аналитическими средствами. Увы, такая аналитическая возможность обычно появляется, но с большим, критическим для качества

окружающей среды запозданием, уже на следующем уровне развития технологии – только на более совершенной аналитической базе.

Так что инсинерацию, не ожидая новых опасных последствий ее применения, следует превентивно заменять пиролизом и высокотемпературной газификацией. Причем это следует делать даже в случае утилизации падежа скота после сибирской язвы для обеспечения надежности процесса, поскольку ветеринарно-санитарные наставления на этот предмет устарели ([Ветеринарно-санитарные правила, 2007](#)).

Стандартные технологии сжигания трупов на открытом огне неприемлемы из-за неполной утилизации, а также высокой вероятности распространения инфекции в виде частиц несгоревшего недостаточного прогретого биологического материала струями конвективных непрогретых потоков воздуха в результате его турбулизации при горении. Конвективный вынос инфекции возможен при инсинерации. Это поскольку, несмотря на относительно более качественную организацию процесса, имеет место конвективный выхлоп газа в процессе горения. Вариант захоронения опасного биологического отхода в почве чреват несанкционированным или случайным доступом к нему до момента полной нейтрализации инфекции. При этом вероятен также гидрогеологический, педосферный, золотый перенос возбудителей инфекции.

Технологии низкотемпературной ферментации отходов связаны с большими габаритами установок, отчуждением значительных территорий, необходимостью утилизации жидкой фракции продукта, и без субсидирования нерентабельны. Необходимы технологии высокотемпературной газификации с очисткой продукта ([Гусев и др., 2016](#)).

Высокотемпературная газификация предпочтительна для опасных биологических отходов, поскольку нет прямого выхлопа продукта горения, а получаемый газ очищается более надежно, чем при инсинерации. При высокотемпературной газификации продукты очистки газа следует улавливать и вместе с твердыми побочными продуктами высокотемпературной газификации в виде пульпы размещать внутри дисперсной системы почвы ([Калиниченко, 2010б](#)).

Высокотемпературная газификация полезна для развития рынка сбыта золошлаковых отходов в России ([Калачев, 2016](#)). Это ввиду того, что продукт газификации – биочар – значительно более приемлем для размещения в почве как источник многокомпонентного минерального вещества, сорбент опасных веществ, чем зола высокотемпературного сжигания.

Ввиду существенного различия условий утилизации вещества в почве разных регионов, необходимо межрегиональное перераспределение продуктов пиролиза и газификации ([Пешков, 2016](#)). Их масса многократно меньше, чем исходного продукта, причем получаем горячий газ, и меньше транспортные расходы. С учетом разнообразия природно-климатических возможностей РФ и мира это позволит максимально переработать продукт методами биогеосистемотехники внутри почвы в свежее органическое вещество. Одновременно минимизировать вовлечение опасных продуктов пиролиза и газификации в трофические цепи, ограничить и регулировать поток материала из почвы в растение, используя методами биогеосистемотехники природные и искусственные геохимические барьеры в почве.

Внесение отходов производства табака в поверхностный слой почвы опасности ввиду их фитотоксичности для окружающей среды, в том числе при развевании продукта ([Filipchuk, 2016](#)). Внесение предпочтительно выполнять в процессе роторной внутрипочвенной обработки, или путем внутрипочвенной фертигации ([Glazko and Sister, 2016](#); [Калиниченко, 2010а](#); [Калиниченко, 2011](#)). Это позволит сократить количество технологических операций, повысить качество процесса, обеспечить приоритетные условия преобразования отхода производства табака геобионтами в приоритетное вещество для питания растений, сформировать механико-органический каркас почвы.

Внесение на поверхность почвы активных углей благотворно сказывается на ее фитосанитарном состоянии и здоровье ([Voropaeva, 2016](#)). Но под действием эрозионного процесса вероятно перераспределение внесенного в верхний слой почвы материала. Это снижает эффективность обработки почвы, обуславливает избыточное расходование средств, материала, труда. Наличие активных углей в поверхностном слое почвы обуславливает неработоспособность почвенных гербицидов. Потому активные угли следует

вносить внутрь почвы в процессе роторной внутрипочвенной обработки, или путем внутрипочвенной фертигации.

Механический каркас почвы, который образуется при внутрипочвенном фрезеровании, с позиции стандартного понимания структуры почвы избыточен. Однако он препятствует сплошному промачиванию почвы при атмосферных осадках, слитизации, седиментогенезу, формированию тупиковой поровой системы, развитию деградации. Приоритетные условия эволюции структуры почвы обеспечивают возможность синтеза новых минералов и агрегатов (Позанов, 2003; Shein et al., 2013a; Verchot et al., 2011), закрепление их ризосферой, которая тоже получает приоритетные условия развития.

Количество тупиковых пор в зональной почве составляет 98–99 % от общего объема пустот (Shein et al., 2014). В процессе органогенеза ризосферы, ее микробного сообщества, пустоты почвы оказываются занятыми продуктами жизнедеятельности, имеет место локальная седиментация почвы, поскольку свежая мортмасса представляет собой лучший клей. Кроме того, в результате водно-гравитационной переупаковки тонкодисперсный материал почвы сближается на такие расстояния, которые препятствуют экспансии ризосферы. Отсутствие распространения корней приводит к прямому контакту частиц, развитию физических, физико-химических, химических взаимодействий поверхностей и последующему прочному неблагоприятному для развития геобионтов агрегированию.

Потому стартовая маломощная 3–8 см почва возрастом 2–5 лет с количеством тупиковых пор 70–80 % с точки зрения условий для развития ризосферы математически линейно соответствует почве мощностью 30–160 см, находящейся в условиях стагнации.

В агротехнике, как известно, биологический продукт из слоя почвы 5–10 см получается незначительным. Сказываются эффекты на границе атмосфера – почва, которые ведут к разрывам сплошности материала стагнирующей почвы, испарению воды, слитизации, исключению развития почвенной биоты, утрате воды глубже целевого слоя получения биологического продукта, неработоспособности геохимических барьеров и другим неблагоприятным эффектам. Именно так, отрицательно, влияет на органогенез агрофитоценоза и почвы несовершенство технических решений для реализации стандартной системы земледелия.

Нами показано (Калиниченко, 2016), что реально следует управлять слоем почвы 0–50 см (Калиниченко и др., 2014). Хотя в более гумидном ландшафте имеет смысл конструирование почвы мощностью до 1 м и более. Причины очевидны на примере черноземов Краснодарского края. Там сформировались сверхмощные черноземы. Это связано со значительным увлажнением территории, за счет чего происходит избыточное выщелачивание из почвы минерального и биологического вещества на большую глубину (Шеуджен, 2013). Значительная мощность почвы, на первый взгляд пользователя, привлекательна как индикатор высокого плодородия. Однако следует иметь в виду то обстоятельство, что вещество в глубоких слоях почвы по большей части исключено из современного биологического процесса, являя собою только лишь его переходящий в стадию седиментогенеза след, почва избыточно уплотнена. Потому возврат вещества из нижних горизонтов почвы в современный биологический процесс, исключение путей его утраты во вновь сконструированной почве, представляются значимыми задачами.

Избыточное выщелачивание вещества из почвы усиливают современная система земледелия, ирригация, гидротехническое строительство. С одной стороны, задача накопления воды в почве, в наземных гидрологических резервуарах – водохранилищах – представляется значимой. С другой стороны, эти меры представляют собой серьезное возмущение гидрологического режима наземных, а затем и водных систем. С третьей стороны, попытка накопления воды в почве приводит к избыточному выщелачиванию легкорастворимых солей и биогенного вещества из почвы, и даже зоны насыщения. Это приводит к тому, что самая ценная пресная вода поверхностного стока превращается в гидрогеологический продукт, наследующий химический состав зоны аэрации и зоны насыщения, и потому приобретает повышенную минерализацию. Возврат этой воды в современный биологический процесс или затруднен, или невозможен в пределах реального срока существования современной технологии ввиду того, что период релаксации гидрогеологических процессов может составлять столетия и тысячелетия. Наконец, применение паровой системы земледелия, расточительно в отношении ресурсов, как и

подавляющее большинство современных технологий. Пар как элемент системы земледелия на юге России позволяет растениям использовать только 75–100 мм из выпавших за полтора года парования почвы 500–700 мм атмосферных осадков (Шумова, 2011) – абсолютно неприемлемый результат технологической активности в биосфере. Конечно, эти 75–100 мм могут в условиях засухи оказаться критически полезны. При этом, возможно, за счет сокращения стока и уменьшения скорости стока по водосбору имеется некоторый противоэрозионный эффект. Но, с другой стороны, утраченные 425–600 мм принесли бы значительно большую пользу.

Не меньшие отрицательные последствия гидрологическому процессу наносит техногенная и сэтллингвая деформация гидрологического режима на фоне повышения неопределенности водного режима и ошибок водопользования (Devineni et al., 2015; Wu et al., 2013)

После этого наступает уменьшение водности территорий, избыточное поступление воды в геологические отложения, наступает фаза избыточного растворения и выноса вещества, локальное неблагоприятное переувлажнение, как это уже произошло в природно-территориальном комплексе Аральского моря, продолжается в природно-территориальном комплексе Азовского моря и Дона.

Причем принимают меры, как бы, для спасения, но они, в силу неквалифицированных решений, приносят еще больший ущерб биосфере, ведут к бесполезной трате средств и труда.

Важной мерой стабилизации геохимических барьеров, управления гидрогеологическим и гидрологическим процессами представляется регулирование водосборов в целях организации стока. Это дискретная канализация избыточного стока с целью преодоления неконтролируемого дифференцированного увлажнения, эрозионного процесса и дивергенции эволюции компонентов структуры почвенного покрова, включая техническую защиту гидрологической сети от размыва, сбор пресной воды в открытых и закрытых резервуарах, возможно, рассредоточенный, направление пресной воды на повышение водности речных систем, в частности, Дона.

На снимках из ресурса *Google-satellite map* очевидно следующее. Отрицательные геоморфологические элементы даже в условиях сухой степи в процессе стока воды, с одной стороны, получают избыточное увлажнение. Но, с другой стороны, выступают как аккумулятор поверхностного твердого стока с сопряженных элементарных почвенных ареалов, мощность аллювиальной почвы здесь согласно космическим снимкам больше, оценивая изображение по более темному цвету, что подтверждается натурными наблюдениями структуры почвенного покрова (Zinchenkou et al., 2013), и превышает мощность, приемлемую с точки зрения эволюции почвы. Возвышенные геоморфологические элементы в процессе стока воды, наоборот, получают меньше воды, имеет место утрата материала на миграцию твердого стока. На таких геоморфологических элементах условия эволюции почвы неприемлемые складываются так, что ее плодородие невелико.

Следует экономно использовать сбереженную воду для увлажнения почвы в органогенезе агрофитоценоза, подачи в нее питательных веществ, утилизации внутри почвы вещества с биологическим эффектом повышения плодородия методами биогеосистемотехники.

Нами предпринята попытка выделить ключевые факторы неустойчивости биосферы, которые необходимо контролировать, предложены представляющиеся современными подходы к контролю и управлению этими факторами, рассмотрены некоторые направления усовершенствования технологий, что позволит ослабить текущий конфликт взаимодействия Человечества и его Технологии с Биосферой. Это обеспечит предсказуемый расширенный безопасный для экосферы геохимический цикл вещества, а также здоровье почвы (Соколов и др., 2015; Семенов, Соколов, 2016; Глинушкин и др., 2016; Turmel et al. 2015; Pardo et al., 2014; Chen et al., 2015), преодоление конфликта биосферы и технологии (Glazko, Galzko, 2015).

5. Заключение

Перспектива человечества не только в обустройстве методами биогеосистемотехники уже занятых им перенаселенных территорий. В основном, это использование принципиально новых возможностей управления геохимическим циклом вещества для экспансии ареала в малообитаемые, необитаемые и заброшенные территории.

Во-первых, территории с меньшим количеством атмосферных осадков значительно здоровее для человека как биологического вида в силу меньшей влажности воздуха, отсутствия периодов сырости. Во-вторых, такие территории перспективны с точки зрения хозяйственного освоения земель в силу слабого проявления эффектов неуправляемого геохимического транспорта и уноса вещества. Это обеспечивает лучшие условия контроля геохимического цикла в технологии синтеза почв и биологического продукта на них, сокращение количества вещества, необходимого для обеспечения заданного производственного практически замкнутого геохимического цикла, предпосылки безопасной утилизации вещества внутри синтезируемой почвы. В-третьих, развитие территорий такого рода позволит достичь их промышленного, сельскохозяйственного и рекреационного высококачественного освоения в силу исключения опасного неконтролируемого эолового и гидрологического распространения отходов. Это позволит прекратить отторжение территорий страны из сферы приоритетного обитания в силу распространенных сейчас в стране и мире причин, в том числе, отталкивающего внешнего вида хвостохранилищ или наземных складов опасных отходов, других техногенных объектов.

Таковыми территориями развития являются Южный Урал, юго-восток европейской территории России, а также многие территории стран СНГ и мира, где возможно реализовать технологии биогеосистемотехники.

Вектор управления геохимическим циклом вещества в биосфере следует строить на основе идеи природоподобности. Но это не простое копирование, на которое преимущественно сбиваются. Природоподобность состоит в том, чтобы специально вычлененные фрагменты геосферных процессов экстраполировать трансцендентально, не копируя, но учитывая возможности усиливать за счет такого подхода важные для ноосферы качества геосфер, мимо которых природа проходит беззаботно – ей нет интереса в том, чтобы поддерживать возможности существования человечества, тем более, его технологий. Одним из таких качеств видится не просто воспроизведение геохимического цикла биосферы и сопряженных геосфер, но повышение интенсивности биологического круговорота вещества, в том числе, за счет его извлечения из геологических депозитов, усиления геохимического цикла, сокращение его постоянной времени. Это природоподобное действие, оно содержательно шире примитивной имитации, поскольку если только лишь имитировать современный угасающий геохимический цикл вещества, то все большее его количество будет оказываться в геологических депозитах, а биосфера будет обедняться, терять емкость, ресурсы, утрачивать буферные геосферные свойства. Это критически опасно не только для технологии, но и для жизни на Земле.

Управление геохимическим циклом Земли на основе биогеосистемотехники обеспечит прирост ресурсов, **рекреационное содержание высококачественной окружающей среды.**

За счет оптимизации цикла вещества Земли новыми техническими решениями и технологиями биогеосистемотехники будет обеспечен декаплинг производственного процесса – затраты будут нарастать медленнее, чем объем производства, это даст долгосрочную экономическую выгоду.

Литература

[Алексеев, 2014](#) – Алексеев А.В. Государственные программы: реальный или номинальный инструмент управления экономикой? // *Экономист*, 2014, № 6, С. 20–27.

[Ассоциация Живая природа степи, 2016](#) – Ассоциация Живая природа степи. [Электронный ресурс]. URL: <http://prirodastepi.ru/news/2015/5/236> (Дата обращения: 31.07.2016).

[Белюченко, 2016](#) – Белюченко И.С. (2016) Применение сложных компостов для повышения плодородия почв // *Экологический вестник Северного Кавказа*, Т. 2016. № 1. С. 55–69.

[Березин и др., 2013](#) – Березин Л.В. Сапаров А.С., Канн В.М., Шаяхметов М.Р. Технология комплексной мелиорации экосистем России и Казахстана. Алматы, Омск, 2013, 215 с.

Бронфман, Хлебников, 1985 – *Бронфман А.М., Хлебников Е.П.* Азовское море. Основы реконструкции / под ред. проф. А.И. Симонова. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 272 с.

Ветеринарно-санитарные правила, 2007 – *Ветеринарно-санитарные правила сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов* (утв. Главным государственным ветеринарным инспектором Российской Федерации 4 декабря 1995 г. N 13-7-2/469). С изменениями и дополнениями от 16 августа 2007 г. <http://base.garant.ru/2107950/>

Глазко, 2014а – *Глазко В.И.* Агроэкосистемы и риски их разрушения // Международная научно-практическая конференция "Биотехнология и качество жизни", Материалы конференции, 2014. С. 314–315.

Глазко, 2014б – *Глазко В.И.* Экология и экономика: неестественное – неразумно // *Вестник РАЕН*, 2014. № 1, pp. 152–153.

Глазьев, 2013 – *Глазьев С.Ю.* О политике опережающего развития в условиях смены технологических укладов // *Вестник РАЕН*, 2013, т. 13, № 1, С. 29–35.

Гусев и др., 2016 – *Гусев Б.В., Пешков С.В., Сперанский А.А.* Новые тенденции утилизации органических отходов и технологии получения попутных продуктов // Доклад. IV Международный конгресс «Сбор, переработка и утилизация отходов – важнейшие составляющие экологической безопасности и устойчивого развития России» 10–11 июня 2016 г. Москва, 2016.

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

ГОСТ 53765-2009, 2010 – *ГОСТ 53765-2009* (2010) Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений. Технические условия. Издание официальное. М.: Стандартинформ. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53765-2009> (Дата обращения: 31.07.2016).

Дижур, 2016 – *Дижур Н.* [Электронный ресурс]. URL: <http://echo.msk.ru/blog/zemdol/1794780-echo/> (Дата обращения: 31.07.2016).

Калачев, 2016 – *Калачев А.И.* Рынок сбыта золошлаковых отходов в России // Доклад. IV Международный конгресс «Сбор, переработка и утилизация отходов – важнейшие составляющие экологической безопасности и устойчивого развития России» 10–11 июня 2016 г. Москва, 2016.

Калиниченко, 2010а – *Калиниченко В.П.* Патент на изобретение RU № 2386243 С1. Способ внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений. МПК А01G 25/06 (2006.01) А01С 23/02 (2006.01). Патентообладатель Калиниченко В.П. Заявка в ФИПС от 16.01.09. № 2009102490/12. Входящий № 003172 от 26.01.2009. Опубликовано 20.04.2010. Бюл. № 11. 9 с. : 4 ил.

Калиниченко, 2010б – *Калиниченко В.П.* Патент на изобретение RU № 2387115 С2. Устройство для внесения вещества при ротационном внутрипочвенном рыхлении. МПК А01В 33/02 (2006.01) А01С 23/00 (2006.01). Патентообладатель: ИППЮР. Заявка № 2008124500/12(029710) от 16.06.2008. Опубликовано 27.04.2010. Бюл. № 12. 7 с. : 2 ил.

Калиниченко, 2011 – *Калиниченко В.П.* Патент на изобретение RU № 2411718 С2. Устройство для выполнения способа внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений. Патентообладатель Калиниченко В.П. Заявка в ФИПС № 2009110757/20(016023) от 30.03.09. Входящий № 016023. Опубликовано 20.02.2011. Бюл. № 5. 10 с. : 2 ил.

Калиниченко и др., 2011 – *Калиниченко В.П., Черненко В.В., Суковатов В.А.* Переувлажнение ирригационно обусловленного ландшафта на примере Хомутовского урочища // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. ФГНУ РосНИИПМ. Новочеркасск, 2011, вып. 43, С. 123–127.

Калиниченко, 2012 – *Калиниченко В.П.* (2012) Биogeосистемотехника как гносеологическая основа управления экосистемами // *Живые и биокосные системы*, Декабрь, вып. 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3> (Дата обращения: 31.07.2016).

Калиниченко, 2014 – *Калиниченко В.П.* Биogeосистемотехника как основа развития экологического аудита и охраны окружающей среды // *Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление*, 2014, № 2 (45), С. 28–36.

Калиниченко и др., 2014 – Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Миронченко С.Ф., Черненко В.В., Ладан Е.П., Генов Е.Д., Илларионов В.В., Удалов А.В., Удалов В.В., Киппель Е.В. Изменение свойств почв солонцового комплекса через 30 лет после мелиоративных обработок // *Почвоведение*, 2014, № 4, С. 490–506, doi: [10.7868/S0032180X14040029](https://doi.org/10.7868/S0032180X14040029)

Калиниченко и др., 2015 – Калиниченко В.П., Ляхов В.П., Юсупов В.У., Халилов Р.Р. Биogeосистемотехника как новая основа синтеза идеи и атрибутов национальной безопасности в 21 веке // *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС*, 2015, № 3, С. 144–149.

Калиниченко, 2016 – Калиниченко В.П. Биogeосистемотехника – инновационный метод управления продуктивностью и здоровьем почвы // *Международная научно-практическая конференция Современные проблемы гербологии и оздоровления почв (21–23 июня 2016 г.)*. Большие Вяземы, 2016, С. 246–263.

Ковальчук и др., 2013 – Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития // *Вопросы философии*, 2013. № 3, С. 3–11. [Электронный ресурс]. URL: http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=716&Itemid=52 (Дата обращения: 31.07.2016).

Костин, 2005 – Костин А.Е. Корпоративная социальная ответственность и устойчивое развитие: мировой опыт и концепция для РФ // *Менеджмент в России и за рубежом*, 2005, № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://dis.ru/library/detail.php?ID=25442> (Дата обращения: 31.07.2016).

Ляшенко, Калиниченко, 2006 – Ляшенко Г.М., Калиниченко В.П. Почвенное и воздушно-лиственное загрязнение растений свинцом // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*, 2006, № S12, С. 124–130.

Медведева и др., 2012 – Медведева М.В., Бахмет О.Н., Яковлев А.С. Эколого-микробиологический мониторинг почв восточной фенноскандии, находящихся в условиях аэротехногенного загрязнения // VI съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Всероссийская научная конференция с международным участием «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования», Всероссийская молодежная конференция «Знания о почве – развитию страны» 13–18 августа 2012 г. Петрозаводск, 2012.

Минкин, Калиниченко, 1981 – Минкин М.Б., Калиниченко В.П. Интенсификация мелиоративного процесса на почвах солонцовых комплексов посредством регулирования гидрологического режима // *Почвоведение*, 1981, № 11, С. 88–99.

Мун и др., 2013 – Мун С.А., Ларин С.А., Глушков А.Н. Влияние добычи угля на загрязнение атмосферы и заболеваемость раком легкого в Кемеровской области // *Современные проблемы науки и образования*, 2013, № 1. <http://www.science-education.ru/107-8406>

Пешков, 2016 – Пешков А.С. Территориальные схемы управления отходов регионов с применением климатически дружелюбных технологий // Доклад. IV Международный конгресс «Сбор, переработка и утилизация отходов – важнейшие составляющие экологической безопасности и устойчивого развития России» 10–11 июня 2016 г. Москва, 2016.

Постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013 г. N 922 г. – *Постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013 г. N 922 г.* Москва "О федеральной целевой программе "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 – 2020 годы". [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2013/10/21/melioraciya-site-dok.html> (Дата обращения: 31.07.2016).

Предельно допустимые концентрации, 2016 – *Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве*. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/544121/predelno_dopustimye_kontsentratsii_\(pdk\)_khimicheskikh_veshchestv_v_pochve.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/544121/predelno_dopustimye_kontsentratsii_(pdk)_khimicheskikh_veshchestv_v_pochve.pdf) *Проникающая радиация и способы защиты от нее, 2016 – Проникающая радиация и способы защиты от нее*. [Электронный ресурс]. URL: <http://you-doctor.ru/content/view/277/83/> (Дата обращения: 31.07.2016).

Путин, 2015 – Путин В.В. Выступление на заседании генеральной Ассамблеи ООН. 28 сентября 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.1tv.ru/news/polit/293099> (Дата обращения: 31.07.2016).

Розанов, 2003 – Розанов А.Ю. Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы // *Палеонтологический журнал*, 2003, № 6, С. 41–50.

Семендяева, Елизаров, 2014 – Семендяева Н.В., Елизаров Н.В. Динамика солевого состава солонцов Барабы в течение 27–32-летнего действия гипса // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*, 2014, Т. 1, № 30, С. 41–46.

Семенов, Соколов, 2016 – Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // *Агрехимия*, 2016, № 1, С. 3–16.

Синдирева, 2016а – Синдирева А.В. Влияние селена на химический состав почвы и растений в условиях южной лесостепи Омской области // *Вестник Омского ГАУ*. [Электронный ресурс]. URL: http://vestnik.omgau.ru/wp-content/files/4_4.pdf (Дата обращения: 31.07.2016).

Синдирева, 2016б – Синдирева А.В. Влияние повышенного содержания селена в почве на накопление его в рапсе яровом и состояние антиоксидантной активности в печени крыс. Текст научной статьи по специальности «Сельское и лесное хозяйство» [Электронный ресурс]. URL: http://refereed.ru/ref_6a1859906d3aeac7529f7cb97dca55ac.html (Дата обращения: 31.07.2016).

Соколов, Глазко, 2015б – Соколов М.С., Глазко В.И. Минимизация негативных социально-экологических последствий техногенеза в агрофере России (в развитие ноосферной концепции В.И. Вернадского) // *Агрехимия*. 2015, № 3, С. 3–9.

Соколов и др., 2015 – Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // *Агрехимия*, 2015, № 8, С. 81–94.

Троценко, Тарасова, 2014 – Троценко И.А., Тарасова М.В. Влияние однократной и повторной мелиорации на мелиоративное состояние многонатриевого коркового солонца // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2014, 8 (118), С. 38–44.

Утилизация навоза/помета, 2016 – Утилизация навоза/помета. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eco.szni.ru/booklet.pdf> (Дата обращения: 31.07.2016).

Шевчук, 2016 – Шевчук А.В. Проблемы ликвидации накопленного экологического ущерба в арктической зоне Российской Федерации // Доклад. IV Международный конгресс «Сбор, переработка и утилизация отходов – важнейшие составляющие экологической безопасности и устойчивого развития России» 10–11 июня 2016 г. Москва, 2016.

Шеуджен, 2003 – Шеуджен А.Х. Биогехимия, Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003, 1028 с.

Шеуджен, Бондарева, 2015 – Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Использование фосфогипса нейтрализованного на посевах риса в качестве поликомпонентного удобрения. Сообщение I // *Научный журнал КубГАУ*, 2015, № 113(09).

Шеуджен и др., 2013 – Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Добрыднев Е.П., Локтионов М.Ю. Агроэкологическая эффективность фосфогипса на посевах кукурузы и сои в условиях Северо-Западного Кавказа на черноземе выщелоченном // *Плодородие*, 2013, № 1, С. 16–20.

Шумова, 2011 – Шумова Н.А. О гидрологических аспектах парования полей на юге России // Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: Инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения. Мат-лы междунар. научной конф. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011, С. 258–262.

Arabzadeh & Shahidi, 2014 – Naser Arabzadeh & Vafa Shahidi (2014). Changes in Osmotic, Increase of Drought Resistance and Physiological Mechanisms of Haloxylon Aphyllum in Response to Mild and Severe Water Stress. / Published in abstract book of 3rd Science One International Conference on Environmental Sciences, Page No. 10. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php>

Batukaev et al., 2014 – Batukaev, A.A., A.P. Endovitsky, T.M. Minkina, V.P. Kalinichenko, Z.S. Dikaev and S.N. Sushkova (2014). Chemical equilibrium of soil solution in steppe zone soil.

American Journal of Agricultural and Biological Sciences 9 (3): 420–429, doi:10.3844/ajabssp.2014.420.429

[Batukaev et al, 2016a](#) – Batukaev A.A., A.P. Endovitsky, A.G. Andreev, V.P. Kalinichenko, T.M. Minkina, Z.S. Dikaev, S.S. Mandzhieva, and S.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

[Batukaev et al, 2016b](#) – Batukaev A.A., A.P. Endovitsky, A.G. Andreev, T.M. Minkina, V.P. Kalinichenko, M.V. Burachevskaya, Z.S. Dikaev, S.S. Mandzhieva and S.N. Sushkova (2016). Thermodynamic Model of Calcium Carbonate System of Soil Solution. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 11 (2): 82.92 doi:10.3844/ajabssp.2016.82.92

[Berg et al., 2016](#) – Berg Alexis, Kirsten L. Findell, Benjamin Lintner, Alessandra Giannini, Sonia I. Seneviratne, Bart van den Hurk, Ruth Lorenz, Andy Pitman, Stefan Hagemann, Arndt Meier, Frédérique Cheruy, Agnès Ducharne, Sergey Malyshev & Paul C D Milly Land–atmosphere feedbacks amplify aridity increase over land under global warming. *Nature Climate Change*. May 2016, doi: 10.1038/nclimate3029

[Bill Gates drinks water distilled from human faeces, 2016](#) – Bill Gates drinks water distilled from human faeces [Electronic resource]. URL: <http://www.bbc.com/news/technology-30709273> (Access date: 31.07.2016).

[Bonk et al., 2014](#) – Bonk Fabian, Juan-Rodrigo Bastidas-Oyanedel, Jens Ejbye Schmidt (2014). Assessment of Organic Fraction of Municipal Solid Waste Conversion into Volatile Fatty Acids for the Emirate of Abu Dhabi. / Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 30. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

[Bouzaida, 2014](#) – Bouzaida Mohamed Amir (2014). Water and Soil Conservation in Tunisian Arid Areas and Its Contribution to the Sustainable Livelihoods of Farmers. / Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 9. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

[Byerlee et al., 2009](#) – Byerlee Derek, Alain de Janvry, and Elisabeth Sadoulet (2009). Agriculture for Development: Toward a New Paradigm. *Annual Review of Resource Economics*. Vol. 1: 15-31 (Volume publication date May 2009). First published online as a Review in Advance on May 21, 2009 doi: 10.1146/annurev.resource.050708.144239

[Carneiro, 2014](#) – Carneiro, Julia (10 January 2014). Rio's Olympic waters blighted by heavy pollution. *BBC News*. Retrieved 12 January 2014.

[Chen et al., 2015](#) – Chen W., Lu S., Pan N., Wang Y., & Wu L. (2015). Impact of reclaimed water irrigation on soil health in urban green areas. *Chemosphere*, 119, 654–661, doi:10.1016/j.chemosphere.2014.07.035

[CLEA 2009](#) – CLEA 2009. Heavy Metal Guidelines in Soil. Technical Bulletin No 6. http://yara.co.uk/images/6_Heavy_Metals_tcm430-99440.pdf

[Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region, 2016](#) – *Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region* (1996) / Editors: R. Naidu, R.S. Kookana, D.P. Oliver, S. Rogers, M.J. McLaughlin. Kluwer Academic Publishers. [Electronic resource]. URL: https://books.google.ru/books?id=YR_-CAAQBAJ&pg=PA165&lpg=PA165&dq=mpc+cd+in+soil&source=bl&ots=t51zRGzLEQ&sig=jIUZhdyzYSal8uMwW9eBtftpadxk&hl=ru&sa=X&ved=oCE4Q6AEwB2oVChMI-OmdrZPlxwIVSP4sCh3D-gGx#v=onepage&q=mpc%20cd%20in%20soil&f=false (Access date: 31.07.2016).

[Converging Technologies for Improving Human Performance, 2016](#) – *Converging Technologies for Improving Human Performance* [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Converging_Technologies_for_Improving_Human_Performance (Access date: 31.07.2016).

[Delaitre et al., 2014](#) – Delaitre Eric, Yann Callot, Saâdi Abdeljaoued (2014). Multi-scale Wind Erosion Monitoring and Sediment Balance Quantification // Published in abstract book. of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 8. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

[Devineni et al., 2015](#) – Devineni N, U Lall, E Etienne, D Shi, C Xi (2015). America's water risk: Current demand and climate variability. *Geophysical Research Letters*, Vol. 42, Is. 7, pp. 2285–2293, doi:10.1002/2015GL063487

[Eco-friendly-technology, 2016](#) – Eco-friendly-technology [Electronic resource]. URL: <http://www.mnn.com/green-tech/computers/stories/what-is-eco-friendly-technology> (Access date: 31.07.2016).

[Endovitsky et al., 2014](#) – *Endovitsky A.P., Minkina T.M. Kalinichenko V.P., Batukaev A.A., Dikaev Z.S., Sushkova S.N.* (2014). The association of ions in the soil solution of saline soils. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 9 (2): 238–244, doi: [10.3844/ajabssp.2014.238.244](https://doi.org/10.3844/ajabssp.2014.238.244)

[Filipchuk, 2016](#) – *Filipchuk O.D.* (2016). Biocomposting of a waste of the tobacco industry for reception of high-quality organic fertilizer / Modern problems of herbology and soil improvement. International scientific-practical conference. 21–23 June 2016. pp. 360–368.

[Glazko V., Galzko T., 2015](#) – *Glazko V.I., Galzko T.T.* (2015). Conflicts of Biosphere and Agroecosystems. *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (1), Is. 1, pp. 4–16. doi:[10.13187/ijep.2015.1.4](https://doi.org/10.13187/ijep.2015.1.4)

[Glazko and Sister, 2016](#) – *Glazko VI, Sister VG* (2016). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (36): 46–68, doi:<http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.04.36.9>

[Hammer, Hershman, 2010](#) – *Hammer Michael Martin & Hershman, Lisa* (2010). Faster, Cheaper, Better. Crown Books. [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_reengineering (Access date: 31.07.2016).

[Health and Ecosystem Protection Health and Ecosystem Protection, 2016](#) - Health and Ecosystem Protection Health and Ecosystem Protection. United States Environmental Protection Agency. [Electronic resource]. URL: <https://www3.epa.gov/air/ecosystem.html> <https://www.epa.gov/reg-flex/sbar-panel-national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-coal-and-oil-fired> (Access date: 31.07.2016).

[Hilton, 2016](#) – *Hilton Julian* Phosphogypsum (PG): Uses and Current Handling Practices Worldwide. [Electronic resource]. URL: <http://stackfree.com/resources/content/file/resources/pdf/PGUsesandHandlingPracticesOverview2010Hilton.pdf> (Access date: 31.07.2016).

[Kalinitchenko, 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. *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, Vienna, doi:[Vol. 18, EGU2016-3419, 2016](https://doi.org/10.1002/egus2016-3419)

[Kolesnikov et al., 2013](#) – *Kolesnikov S.I., Yaroslavtsev M.V., Spivakova N.A., Kazeev K.S.* (2013). Comparative assessment of the biological tolerance of chernozems in the South of Russia towards contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb in a model experiment. *Eurasian Soil Science*, V. 46, No 2, pp. 176–181, doi:[10.1134/S1064229313020087](https://doi.org/10.1134/S1064229313020087)

[Kudeyarov, 2015](#) – *Kudeyarov V.N.* (2015). Current state of the carbon budget and the capacity of Russian soils for carbon sequestration. *Eurasian Soil Science*, V. 48, № 9, pp. 923–933. Doi:[10.1134/S1064229315090070](https://doi.org/10.1134/S1064229315090070)

[Kwasniewska, 2014](#) – *Kwasniewska J* (2014). Molecular Cytogenetics Serves Environmental Monitoring / Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 25. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

[Lapin and Lyagushkin, 2014](#) – *Lapin A.V., Lyagushkin A.P.* (2014). The Kovdor apatite-francolite deposit as a prospective source of phosphate ore. *Geology of Ore Deposits*. February, Vol. 56, Is. 1, pp. 61–80, doi: [10.1134/S1075701513060056](https://doi.org/10.1134/S1075701513060056).

[Longuet-Higgins, 1973](#) – *Longuet-Higgins H.C.* (1973). Comments on the Lighthill Report and the Sutherland Reply", in *Artificial Intelligence: a paper symposium*, Science Research Council, pp. 35–37.

[Marr, 1982](#) – *Marr, David* (1982). Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. W.H. Freeman and Company, San Francisco. [Electronic resource]. URL: <http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~kk3n/80-300/marr2.pdf> (Access date: 31.07.2016).

[Mays and Mortvedt, 1984](#) – *Mays D. A. and, J. J. Mortvedt* (1984). Crop Response to Soil Applications of Phosphogypsum. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 15, No. 1, pp. 78–81, doi:[10.2134/jeq1986.00472425001500010018x](https://doi.org/10.2134/jeq1986.00472425001500010018x)

Minkina et al., 2011 – Minkina T., Mandzhieva S., Motusova G., Nazarenko O., Šimunic I. (2011). Transformation of heavy metal compounds during the remediation of contaminated soils. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 76, № 1, pp. 19–25.

Ochoa, 2014 – Ochoa Carlos, Steve Guldan, Alexander Fernald, Vince Tidwell, Emile Elias, Karina Gutierrez, and Mike Borman (2014). Surface water and shallow groundwater interactions in semiarid agro-ecosystems of the western USA. *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly, Vienna, doi:Vol. 16, EGU2014-3161.

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

Radiation protection, 2016 – *Radiation protection* [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_protection (Access date: 31.07.2016).

Rasheed, 2011 – Rasheed P.M.A. (2011). Sewage network now covers all areas of Dubai. The Gulf Today. January 18. <https://web.archive.org/web/20130504074926/http://gulftoday.ae/portal/7643b815-413c-458a-b095-of38be12ce35.aspx>

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

Roe et al., 2015 – Roe Gerard H., Nicole Feldl, Kyle C. Armour, Yen-Ting Hwang & Dargan M. W. Frierson (2015) The remote impacts of climate feedbacks on regional climate predictability. *Nature Geoscience*, 8, 135–139, doi:10.1038/ngeo2346

Rogelj, Knutti, 2016 Rogelj Joeri, Reto Knutti (2016). Geosciences after Paris. *Nature Geoscience*, 9, 187–189 doi:10.1038/ngeo2668

Sforza, 2016 – Sforza Teri (2007). New plan replaces sewage sludge fiasco // *Orange County Register*. March 14, Updated Aug. 21, 2013 1:17 p.m. <http://www.ocregister.com/news/enertech-60484-angeles-process.html>

Shein et al., 2013a – Shein E.V., G.V. Kharitonova, E.J. Milanovskii, A.V. Dembovetskii, A.V. Fedotova, N.S. Konovalova, S.E. Sirotskii, and N.E. Pervova (2013). Aggregate Formation in Salt Affected Soils of the Baer Mounds. *Eurasian Soil Science*, Vol. 46, No 4, pp. 401–412. doi:10.1134/S1064229313040121

Shein et al., 2013b – Shein E.V., Milanovskii E.Y., Khaidapova D.D., Nikolaeva E.I., Rusanov A.M. (2013). Mathematical models of some soil characteristics: substantiation, analysis, and using features of model parameters. *Eurasian Soil Science*, Vol. 46, № 5, pp. 541–547, doi:10.1134/S1064229313050128

Shein et al., 2014 – Shein E.V., Skvortsova E.B., Abrosimov K.N. (2014). Tomographic studies of the soil pore space in swelling and shrinkage processes / Abstract book. 9 th International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization" Soil Science of Turkey Cooperation with Federation of Eurasian Soil Science Societies. p. 107.

Šimunić et al., 2011 – Ivan Šimunić, Palma Orlović-Leko, Tanja Likso, Vilim Filipović, Tatiana Minkina (2011). Water Quality in Hydroameliorated Agricultural Areas. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 76, No 1, pp. 49–55. http://hrca.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=101695

Soil Liquid Phase Composition, 2016 – *Soil Liquid Phase Composition* (2016). / Editors: V.V. Snakin, A.A. Prisyazhnaya, E. Kovács-Láng. Elsevier Science B.V. [Electronic resource]. URL: https://books.google.ru/books?id=4qNfLt73bIgC&pg=PA232&lpq=PA232&dq=mpc+cd+in+soil&source=bl&ots=_iMBvJCnzz&sig=sejTK2Gi_YULHlbxtyNx4e2lrXg&hl=ru&sa=X&ved=0CEMQ6AEwBWoVChMI9prb55DlxwIVSJECh2pYQzE#v=onepage&q=mpc%20cd%20in%20soil&f=false (Access date: 31.07.2016).

Sokolov, Glazko, 2015a – Sokolov M.S., Glazko V.I. (2015). The discoverer of the law "of diminishing returns", the doctrine of self-regulation and self-development of healthy soil. *International Journal of Environmental Problems*, № 2 (2), pp. 78–96.

Tayyebi et al., 2014 – Tayyebi A., M. Tayyebi, M. Ramezani Farani, M. Barekati, Sh. Ebrahimi, M. Outoksha (2014). Synthesis of Magnetite/graphene Composite with Supercritical Methanol and Investigation of Its Enhanced Adsorption Properties for Lead Removal. / Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 23. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

- Tayyebi et al., 2016 – Tayyebi A, A Tayyebi, E Vaz, JJ Arsanjani, M Helbich (2016). Analyzing crop change scenario with the SmartScape™ spatial decision support system. *Land Use Policy*, Volume 51, February 2016, Pages 41–53, doi:10.1016/j.landusepol.2015.11.002
- Teaf, 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. [Electronic resource]. URL: <http://scholarworks.umass.edu/soilsproceedings/vol15/iss1/10> (Access date: 31.07.2016).
- Turmel M.S. et al. 2015 – Marie-Soleil Turmel, Alicia Speratti, Frédéric Baudron, Nele Verhulst and Bram Govaerts (2015). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, Vol. 134, pp. 6–16.
- Varela et al., 1991 – Varela F.J., Thompson E. & Rosch, E. (1991). The embodied mind: cognitive science and human experience. Cambridge, Mass.: MIT Press. [Electronic resource]. URL: <https://mitpress.mit.edu/books/embodied-mind> (Access date: 31.07.2016).
- Verchot et al., 2011 – Verchot L.V., Dutaur L., Shepherd K.D., Albrecht A. (2011). Organic matter stabilization in soil aggregates: Understanding the biogeochemical mechanisms that determine the fate of carbon inputs in soils. *Geoderma*, 161(3–4): 182–193. doi:10.1016/j.geoderma.2010.12.017
- Voropaeva et al, 2016 – Voropaeva N.L., Mukhin V.M., Bogdanovich N.I., Spiridonov Ju.Ja., Kurilkin A.A., Karpachev V.V. (2016). Improvement of soils by means of the active coals received from vegetable annually renewable primary agricultural waste. / Modern problems of herbology and soil improvement. International scientific-practical conference. 21–23 June 2016. pp. 240–246. (in Russian)
- Wiß et al., 2014 – Felix Wiß, Tobias Stacke, and Stefan Hagemann (2014). Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models. *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly 2014, doi:Vol. 16. EGU2014-14086.
- World Nuclear Organization, 2015 – World Nuclear Organization. *Naturally-Occurring Radioactive Materials (NORM)* (Updated July 2015). [Electronic resource]. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/radiation-and-health/naturally-occurring-radioactive-materials-norm.aspx> (Access date: 31.07.2016).
- Woldemeskel et al., 2014 – Woldemeskel Fitsum, Ashish Sharma, Bellie Sivakumar, and Raj Mehrotra (2014). Antifing GCM uncertainty for estimating storage requirements in Australian reservoir. *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, Vienna, doi:Vol. 16. EGU2014-12151.
- Wu et al., 2013 – Wu ZD, U Lall, M Zhao (2013). A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 275, pp. 2718–2722. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.275-277.2718
- 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.
- Zaitseva et al., 2003 – Zaitseva R.I., Nikitina N.S., Sudnitsyn I.I. (2003). The effect of the concentration and osmotic pressure of soil solution on the availability of water to plants. *Eurasian Soil Science*, V. 36, No 9, pp. 1003–1009.
- Zinchenkou et al., 2013 – Zinchenkou V.E., Likhmanova O.I., Kalinichenko V.P., Glukhov A.I., Povkh V.I., Shljakhova L.A. (2013). Space monitoring of agricultural lands in southern Russia. *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*, Vol. 49, Is. 9, pp. 1036–1046, doi:10.1134/S0001433813090168

References

- Alekseev, 2014 – Alekseev AV (2014). Government programs: real or nominal economic management tool? *Economist*, № 6, pp. 20–27 [in Russian].
- Association the Steppe Wildlife – Association the Wildlife Steppe. [Electronic resource]. URL: <http://prirodastepi.ru/news/2015/5/236> (Access date: 31.07.2016).
- Belyuchenko, 2016 – Belyuchenko IS (2016). Applying complex compost to improve soil fertility. *Ecological Bulletin of the North Caucasus*, Vol. 2016, No 1, pp. 55–69 [in Russian].

[Berezin et al., 2013](#) – *Berezin LV, Saparov AS, Cannes VM, Shayahmetov MR* (2013). Technology of complex reclamation of Russia and Kazakhstan ecosystems. Almaty, Omsk, 215 p. [in Russian].

[Bronfman, Khlebnikov, 1985](#) – *Bronfman A.M., Khlebnikov E.P.* (1985). Azov sea. Bases for reconstruction / Ed. Prof. A.I. Simonov. L.: Gidrometeoizdat, 272 p. [in Russian].

[The animal health rules, 2007](#) – *The animal health rules* for collecting, recycling and disposal of biological waste (app. Chief State Veterinary Inspector of the Russian Federation, December 4, 1995 N 13-7-2 / 469). With the changes and additions of 16 August 2007 <http://base.garant.ru/2107950/> [in Russian].

[Glazko, 2014a](#) – *Glazko VI* (2014). Agro-ecosystems and risks of their destruction // International scientific-practical conference "Biotechnology and the quality of life", Conference Proceedings, pp. 314-315 [in Russian].

[Glazko, 2014b](#) – *Glazko VI* (2014). Ecology and economy: unnatural – unreasonable. *Herald of RANS*, № 1, pp. 152–153 [in Russian].

[Glazyev, 2013](#) – *Glazyev SY* (2013). On the policy of advanced development in conditions of technological structures change. *Bulletin of Natural Sciences*, V. 13, № 1, pp. 29–35 [in Russian].

[Gusev et al., 2016](#) – *Gusev BV, Peshkov SV Speransky AA* (2016). New trends of organic waste recycling and technology of co-products. / Report at the IV International Congress "The collection, processing and recycling of waste – the most important components of environmental security and sustainable development of Russia" on June 10–11, 2016, Moscow. [in Russian].

[Glinushkin et al., 2016](#) – *Glinushkin AP, Sokolov MS, Toropova EY* (2016). Phytosanitary and hygienic requirements for healthy soil. M.: "Publisher Agrorus", 288 p. [in Russian].

[GOST 53765-2009, 2010](#) – *GOST 53765-2009* (2010) Birds litter. Raw materials for the production of organic fertilizers. Specifications. Official publication. M.: Standartinform. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53765-2009> (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

[Dizhur, 2016](#) – *Dizhur N.* [Electronic resource]. URL: <http://echo.msk.ru/blog/zemdol/1794780-echo/> (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

[Kalachev, 2016](#) – *Kalachev AI* (2016). Market of ash waste in Russia // Report at the IV International Congress "The collection, processing and recycling of waste – the most important components of environmental security and sustainable development of Russia" on June 10–11, 2016, Moscow. [in Russian].

[Kalinichenko, 2010a](#) – *Kalinichenko V.P.* Patent RU № 2386243 C1. Method of intra-soil pulse discrete irrigation. IPC A01G 25/06 (2006.01) A01S 23/02 (2006.01). Patentee Kalinichenko V.P. Application number 2009102490 on 16.01.09. Published on 20.04.2010 . Bull. No 11. 9 p : 4 fig. [in Russian].

[Kalinichenko, 2010b](#) – *Kalinichenko V.P.* Patent RU № 2387115 C2. Device for entering a substance at intra-soil rotary hoeing. Patentee IPPYUR. IPC A01B 33/02 (2006.01) A01C 23/00 (2006.01) . Application number 2008124500 / 12 (029710) from 16.06.2008. Published on 27.04.2010. Bull. Number 12. 7 p. : 2 fig. [in Russian].

[Kalinichenko, 2011](#) – *Kalinichenko V.P.* Patent RU № 2411718 C2. The apparatus for implementation of the method of intra-soil pulse discrete irrigation. Patentee: Kalinichenko V.P. Application number 2009110757 / 20 (016023) on 30.03.09. Published on 20.02.2011. Bull. Number 5. 10 p. : 2 fig. [in Russian].

[Kalinichenko et al., 2011](#) – *Kalinichenko VP, Chernenko, VV, VA Sukovatov* (2011). Waterlogging of irrigation landscape on example of Khomutovsky tract. Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. FGNU RosNIIPM. Novocherkassk, Vol. 43, pp. 123–127 [in Russian].

[Kalinichenko, 2012](#) – *Kalinichenko VP* (2012). Biogeosystem technique as an epistemological framework for ecosystems managing. *Live and bioinert systems*, December, Is. 1. [Electronic resource]. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3> (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

[Kalinichenko, 2014](#) – *Kalinichenko VP* (2014). Biogeosystem technique as the basis of ecological audit and environment protection. *Science and education: household and economy; entrepreneurship; law and management*, № 2 (45), pp. 28–36. [in Russian].

[Kalinichenko et al., 2015](#) – Kalinichenko VP, Lyakhov VP, Yusupov VU, Khalilov RR. (2015). Biogeosystem technique as a new basis for the synthesis of ideas and attributes of national security in the 21st century. *State and Municipal government. Scientific notes SKAGS*, № 3, pp. 144–149. [in Russian].

[Kalinichenko, 2016](#) – Kalinichenko VP (2016). Biogeosystem Technique – an innovative method of managing productivity and soil health. / International Scientific and Practical Conference Modern problems of herbology and improvement of soil health (21–23 June 2016). Big Vyazemy, pp. 246–263. [in Russian]

[Kovalchuk et al., 2013](#) – Kovalchuk MV, Naraijin OS, Yatsishina E.B. (2013). Convergence of science and technology – a new stage of technological progress. *Problems of Philosophy*, № 3, pp. 3–11. [Electronic resource]. URL: http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=716&Itemid=52 (in Russian) (Access date: 31.07.2016).

[Kostin, 2005](#) – Kostin AE (2005). Corporate social responsibility and sustainable development: international experience and the concept for the Russian Federation. *Management in Russia and Abroad*, № 3. [Electronic resource]. URL: <http://dis.ru/library/detail.php?ID=25442> (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

[Ljashenko, Kalinichenko, 2006](#) – Ljashenko GM, VP Kalinichenko (2006). Soil and air pollution of plant leaves with lead. *Proceedings of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural sciences*, № S12, pp. 124–130 [in Russian].

[Medvedeva et al., 2012](#) – Medvedeva MV Bakhmet ON, Yakovlev AS (2012). Ecological and microbiological monitoring of soils of Eastern Fennoscandia in situations of environmental contamination // VI Congress of the Soil Science Society of VV Dokuchaev, Scientific Conference with international participation "Soil of Russia: current status and prospects of the study and use of" All-Russian Youth Conference "Knowledge of the soil – to the country's development" 13–18 August 2012 Petrozavodsk. [in Russian].

[Minkin, Kalinichenko, 1981](#) – Minkin M.B., Kalinichenko V.P. (1981). Intensification of melioration process on the soils of solonetz complexes by means of regulation of hydrological regime. *Soil Science*, No 11, pp. 88–99 [in Russian].

[Moon et al., 2013](#) – Moon SA, Larin SA, Glushkov AN (2013). The impact of rising coal mining on air pollution and lung cancer in the Kemerovo region. *Modern problems of science and education*, № 1, <http://www.science-education.ru/107-8406> [in Russian].

[Peshkov, 2016](#) – Peshkov AS (2016). Local waste management schemes of regions using climate friendly technologies // Report at the IV International Congress "The collection, processing and recycling of waste – the most important components of environmental security and sustainable development of Russia" on June 10–11, 2016 Moscow. [in Russian].

[Russian Federation Government Resolution dated October 12, 2013 No 922, 2016](#) – Russian Federation Government Resolution dated October 12, 2013 No 922. Moscow "On the federal target program Development of reclamation of land for agricultural purposes Russia for 2014 – 2020 years". [Electronic resource]. URL: <https://rg.ru/2013/10/21/melioraciya-site-dok.html> (in Russian) (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

[Maximum permissible concentration](#) – Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil. Hygienic standards ГИ 2.1.7.2041-06 [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/544121/predelno_dopustimye_kontsentratsii_\(pdk\)_khimicheskikh_veshchestv_v_pochve.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/544121/predelno_dopustimye_kontsentratsii_(pdk)_khimicheskikh_veshchestv_v_pochve.pdf) [in Russian].

[Putin, 2015](#) – Putin VV. Speech at the UN General Assembly. September 28, 2015. [Electronic resource]. URL: <http://www.1tv.ru/news/polit/293099> (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

[Rozanov, 2003](#) – Rozanov A.J. (2003). Fossil bacteria sedimentogenesis and the early stages of evolution of biosphere. *Paleontological Journal*, № 6, pp. 41–50 [in Russian].

[Semendyaeva, Elizarov, 2014](#) – Semendyaeva NV, NV Elizarov (2014). Dynamics of salt composition of Baraba solonetztes during the 27-32-year-old gypsum application. *Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University*, V. 30, pp. 41–46 [in Russian].

[Semenov, Sokolov, 2016](#) – Semenov A., Sokolov MS (2016). The concept of soil health: fundamental and applied aspects of the study evaluation criteria. *Agrochemistry*, № 1, pp. 3–16 [in Russian].

Sindireva, 2016a – *Sindireva AV* (2016). Effect of selenium on the chemical composition of the soil and plants in the conditions of southern forest-steppe of Omsk area. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*. [Electronic resource]. URL: http://vestnik.omgau.ru/wp-content/files/4_4.pdf (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

Sindireva, 2016b – *Sindireva AV* Influence of high selenium content in the soil to accumulate it in the spring rape and antioxidant activity in rat liver. The text of a scientific article in "Agriculture and Forestry". [Electronic resource]. URL: http://refereed.ru/ref_6a1859906d3aeac7529f7cb97dca55ac.html (Access date: 31.07.2016). [in Russian].

Sokolov, Glazko, 2015b – *Sokolov MS, Glazko VI* (2015). Minimizing the negative social and environmental impacts of technogenesis on the agricultural sphere of the Russia (the development of the concept of the noosphere by VI Vernadsky). *Agrochemistry*, № 3, pp. 3–9 [in Russian].

Sokolov et al., 2015 – *Sokolov MS, Glinushkin AP Toropova EY* (2015). Habitat functions of healthy soil – phyto-sanitary and social aspects. *Agrochemistry*, № 8, pp. 81–94 [in Russian].

Trotsenko, Tarasova, 2014 – *Trotsenko IA, Tarasova MV* (2014). Effect of single and repeated reclamation on the state of high-Na cortical solonets. *Herald of Altai State Agrarian University*, No 8 (118), pp. 38–44 [in Russian].

Disposal of manure/litter, 2016 – *Disposal of manure/litter*. [Electronic resource]. URL: <http://www.eco.szni.ru/booklet.pdf> (Access date: 31.07.2016). [in Russian]

Shevchuk, 2016 – *Shevchuk AV* (2016). Problems of accumulated environmental damage elimination in the Arctic zone of the Russian Federation // Report at the IV International Congress "The collection, processing and recycling of waste – the most important components of environmental security and sustainable development of Russia" on June 10–11, 2016 Moscow. [in Russian].

Sheudzhen, 2003 – *Sheudzhen AK* (2003). Biogeochemistry, Maikop: GURIPP "Adygea", 1028 p. [in Russian].

Sheudzhen, Bondareva, 2015 – *Sheudzhen AH, TN Bondareva* (2015). Use of neutralized phosphogypsum on rice crops as multicomponent fertilizers. Message I. *Scientific Journal KubGAU*, № 113 (09). [in Russian].

Sheudzhen et al., 2013 – *Sheudzhen AH, LM Onishchenko, Dobrydnev EP, Loktionov MY* (2013). Agroecological efficiency of phosphogypsum on crops of corn and soybeans in the North-West Caucasus leached chernozem. *Fertility*, № 1, pp. 16–20. [in Russian].

Shumova, 2011 – *Shumova NA* (2011). About hydrological aspects of fallow fields in the south of Russia // Actual problems of food security in southern Russia: Innovative technologies for the conservation of bio-resources, soil fertility, irrigation and water supply. Materials of Intern. Conf. Rostov-on-Don: Publishing House of SSC RAS, pp. 258–262. [in Russian].

Arabzadeh & Shahidi, 2014 – *Naser Arabzadeh & Vafa Shahidi* (2014). Changes in Osmotic, Increase of Drought Resistance and Physiological Mechanisms of Haloxylon Aphyllum in Response to Mild and Severe Water Stress // Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No 10. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

Batukaev et al., 2014 – *Batukaev, A.A., A.P. Endovitsky, T.M. Minkina, V.P. Kalinichenko, Z.S. Dikaev and S.N. Sushkova* (2014). Chemical equilibrium of soil solution in steppe zone soil. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 9 (3): 420–429, doi:10.3844/ajabssp.2014.420.429

Batukaev et al, 2016a – *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

Batukaev et al, 2016b – *Batukaev Abdulmalik A., Anatoliy P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Tatiana M. Minkina, Valeriy P. Kalinichenko, Marina V. Burachevskaya, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva and Svetlana N. Sushkova* (2016). Thermodynamic Model of Calcium Carbonate System of Soil Solution. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 11 (2): 82.92 doi:10.3844/ajabssp.2016.82.92

Berg et al., 2016 – *Berg Alexis, Kirsten L. Findell, Benjamin Lintner, Alessandra Giannini, Sonia I. Seneviratne, Bart van den Hurk, Ruth Lorenz, Andy Pitman, Stefan Hagemann, Arndt*

Meier, Frédérique Cheruy, Agnès Ducharne, Sergey Malyshev & Paul C D Milly Land-atmosphere feedbacks amplify aridity increase over land under global warming. *Nature Climate Change* · May 2016, doi: [10.1038/nclimate3029](https://doi.org/10.1038/nclimate3029)

[Bill Gates drinks water distilled from human faeces, 2016](#) – *Bill Gates drinks water distilled from human faeces* [Electronic resource]. URL: <http://www.bbc.com/news/technology-30709273> (Access date: 31.07.2016).

[Bonk et al., 2014](#) – *Bonk Fabian, Juan-Rodrigo Bastidas-Oyanedel, Jens Ejbye Schmidt* (2014). Assessment of Organic Fraction of Municipal Solid Waste Conversion into Volatile Fatty Acids for the Emirate of Abu Dhabi // Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No 30. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

[Bouzaida, 2014](#) – *Bouzaida Mohamed Amir* (2014). Water and Soil Conservation in Tunisian Arid Areas and Its Contribution to the Sustainable Livelihoods of Farmers // Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 9. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

[Byerlee et al., 2009](#) – *Byerlee Derek, Alain de Janvry, and Elisabeth Sadoulet* (2009). Agriculture for Development: Toward a New Paradigm. *Annual Review of Resource Economics*. Vol. 1: 15-31 (Volume publication date May 2009). First published online as a Review in Advance on May 21, 2009 doi: [10.1146/annurev.resource.050708.144239](https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144239)

[Carneiro, 2014](#) – *Carneiro, Julia* (10 January 2014) Rio's Olympic waters blighted by heavy pollution. *BBC News*. Retrieved 12 January 2014.

[Chen et al., 2015](#) – *Chen W., Lu S., Pan N., Wang Y., & Wu L.* (2015). Impact of reclaimed water irrigation on soil health in urban green areas. *Chemosphere*, 119, 654–661, doi:[10.1016/j.chemosphere.2014.07.035](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.07.035)

[CLEA 2009](#) – *CLEA 2009*. Heavy Metal Guidelines in Soil. Technical Bulletin No 6. http://yara.co.uk/images/6_Heavy_Metals_tcm430-99440.pdf

[Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region, 2016](#) – *Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region* (1996) / Editors: R. Naidu, R.S. Kookana, D.P. Oliver, S. Rogers, M.J. McLaughlin. Kluwer Academic Publishers. [Electronic resource]. URL: https://books.google.ru/books?id=YR_-CAAQBAJ&pg=PA165&lpg=PA165&dq=mpc+cd+in+soil&source=bl&ots=t51zRGzLEQ&sig=jIUZhdyzYSal8uMwW9eBtfpadxk&hl=ru&sa=X&ved=oCE4Q6AEwB2oVChMI-OmdrZPlxwIVSP4sCh3D-gGx#v=onepage&q=mpc%20cd%20in%20soil&f=false (Access date: 31.07.2016).

[Converging Technologies for Improving Human Performance, 2016](#) – *Converging Technologies for Improving Human Performance* [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Converging_Technologies_for_Improving_Human_Performance (Access date: 31.07.2016).

[Delaitre et al., 2014](#) – *Delaitre Eric, Yann Callot, Saâdi Abdeljaoued* (2014). Multi-scale Wind Erosion Monitoring and Sediment Balance Quantification. Published in abstract book. of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No 8. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16

[Devineni et al., 2015](#) – *Devineni N, U Lall, E Etienne, D Shi, C Xi* (2015). America's water risk: Current demand and climate variability. *Geophysical Research Letters*, Vol. 42, Is. 7, pp. 2285–2293, doi:[10.1002/2015GL063487](https://doi.org/10.1002/2015GL063487)

[Eco-friendly-technology, 2016](#) – *Eco-friendly-technology* [Electronic resource]. URL: <http://www.mnn.com/green-tech/computers/stories/what-is-eco-friendly-technology> (Access date: 31.07.2016).

[Endovitsky et al., 2014](#) – *Endovitsky A.P., Minkina T.M. Kalinichenko V.P., Batukaev A.A., Dikaev Z.S., Sushkova S.N.* (2014). The association of ions in the soil solution of saline soils. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 9 (2): 238–244, doi:[10.3844/ajabssp.2014.238.244](https://doi.org/10.3844/ajabssp.2014.238.244)

[Filipchuk, 2016](#) – *Filipchuk O.D.* (2016). Biocomposting of a waste of the tobacco industry for reception of high-quality organic fertilizer. / Modern problems of herbology and soil improvement. International scientific-practical conference. 21–23 June 2016. pp. 360–368.

Glazko V., Galzko T., 2015 – Glazko Valery I., Tatiana T. Galzko (2015). Conflicts of Biosphere and Agroecosystems. *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (1), Is. 1, pp. 4–16. doi:10.13187/ijep.2015.1.4

Glazko and Sister, 2016 – Glazko VI, Sister VG (2016). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (36): 46–68, doi:http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.04.36.9

Hammer, Hershman, 2010 – Hammer Michael Martin & Hershman, Lisa (2010). Faster, Cheaper, Better. Crown Books. [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_reengineering (Access date: 31.07.2016).

Health and Ecosystem Protection Health and Ecosystem Protection, 2016 - Health and Ecosystem Protection Health and Ecosystem Protection. United States Environmental Protection Agency. [Electronic resource]. URL: https://www3.epa.gov/air/ecosystem.html https://www.epa.gov/reg-flex/sbar-panel-national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-coal-and-oil-fired (Access date: 31.07.2016).

Hilton, 2016 – Hilton Julian Phosphogypsum (PG): Uses and Current Handling Practices Worldwide. [Electronic resource]. URL: http://stackfree.com/resources/content/file/resources/pdf/PGUsesandHandlingPracticesOverview2010Hilton.pdf (Access date: 31.07.2016).

Kalinichenko et al., 2014 – Kalinichenko, V.P., Sharshak, V.K., Mironchenko, S.F., Chernenko, V.V., Ladan, E. P., Genev, E.D., Illarionov, V.V., Udalov, A.V., Udalov, V.V., Kippel, E.V. (2014). Changes in the properties of soils in a solonetz soil complex thirty years after reclamation. *Eurasian Soil Science*, Vol. 47, Is. 4, pp. 319–333, doi:10.1134/S1064229314040024

Kalinitchenko, 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. *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, Vienna, doi:Vol. 18, EGU2016-3419, 2016

Kolesnikov et al., 2013 – Kolesnikov S.I., Yaroslavtsev M.V., Spivakova N.A., Kazeev K.S. (2013). Comparative assessment of the biological tolerance of chernozems in the South of Russia towards contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb in a model experiment. *Eurasian Soil Science*, V. 46, No 2, pp. 176–181, doi:10.1134/S1064229313020087

Kudeyarov, 2015 – Kudeyarov V.N. (2015). Current state of the carbon budget and the capacity of Russian soils for carbon sequestration. *Eurasian Soil Science*, V. 48, No 9, pp. 923–933. doi:10.1134/S1064229315090070

Kwasniewska, 2014 – Kwasniewska J (2014). Molecular Cytogenetics Serves Environmental Monitoring. / Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 25. Proceeding http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php 4/16

Lapin and Lyagushkin, 2014 – Lapin A.V., Lyagushkin A.P. (2014). The Kovdor apatite-francolite deposit as a prospective source of phosphate ore. *Geology of Ore Deposits*. February, Vol. 56, Is. 1, pp. 61–80, doi:10.1134/S1075701513060056.

Longuet-Higgins, 1973 – Longuet-Higgins H.C. (1973). Comments on the Lighthill Report and the Sutherland Reply", in *Artificial Intelligence: a paper symposium*, Science Research Council, pp. 35–37.

Marr, 1982 – Marr, David (1982). Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. W.H. Freeman and Company, San Francisco. [Electronic resource]. URL: http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~kk3n/80-300/marr2.pdf (Access date: 31.07.2016).

Mays and Mortvedt, 1984 – Mays D. A. and, J. J. Mortvedt (1984). Crop Response to Soil Applications of Phosphogypsum. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 15, No. 1, pp. 78–81, doi:10.2134/jeq1986.00472425001500010018x

Minkina et al., 2011 – Minkina T., Mandzhieva S., Motusova G., Nazarenko O., Šimunic I. (2011). Transformation of heavy metal compounds during the remediation of contaminated soils. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 76, No 1, pp. 19–25.

Ochoa, 2014 – Ochoa Carlos, Steve Guldan, Alexander Fernald, Vince Tidwell, Emile Elias, Karina Gutierrez, and Mike Borman (2014). Surface water and shallow groundwater interactions in semiarid agro-ecosystems of the western USA. *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly, Vienna, doi:Vol. 16, EGU2014-3161.

- 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
- Radiation protection, 2016 – Radiation protection [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_protection (Access date: 31.07.2016).
- Rasheed, 2011 – Rasheed P.M.A. (2011). Sewage network now covers all areas of Dubai. The Gulf Today. January 18. <https://web.archive.org/web/20130504074926/http://gulftoday.ae/portal/7643b815-413c-458a-b095-of38be12ce35.aspx>
- Reid et al., 2005 – Reid Walter V. and et al. (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis, 155 p. ISBN: 1-59726-040-1.
- Roe et al., 2015 – Roe Gerard H., Nicole Feldl, Kyle C. Armour, Yen-Ting Hwang & Dargan M. W. Frierson (2015). The remote impacts of climate feedbacks on regional climate predictability. *Nature Geoscience*, 8, 135–139, doi:10.1038/ngeo2346
- Rogelj, Knutti, 2016 Rogelj Joeri, Reto Knutti (2016). Geosciences after Paris. *Nature Geoscience*, 9, 187–189 doi:10.1038/ngeo2668
- Sforza, 2016 – Sforza Teri (2007). New plan replaces sewage sludge fiasco. *Orange County Register*. March 14, Updated Aug. 21, 2013 1:17 p.m. <http://www.ocregister.com/news/enertech-60484-angeles-process.html>
- Shein et al., 2013a – Shein E.V., G.V. Kharitonova, E.J. Milanovskii, A.V. Dembovetskii, A.V. Fedotova, N. S. Konovalova, S. E. Sirotskii, and N. E. Pervova (2013). Aggregate Formation in Salt Affected Soils of the Baer Mounds. *Eurasian Soil Science*, Vol. 46, No. 4, pp. 401–412. doi:10.1134/S1064229313040121
- Shein et al., 2013b – Shein E.V., Milanovskii E.Y., Khaidapova D.D., Nikolaeva E.I., Rusanov A.M. (2013). Mathematical models of some soil characteristics: substantiation, analysis, and using features of model parameters. *Eurasian Soil Science*, Vol. 46, No 5, pp. 541–547, doi:10.1134/S1064229313050128
- Shein et al., 2014 – Shein E.V., Skvortsova E.B., Abrosimov K.N. (2014). Tomographic studies of the soil pore space in swelling and shrinkage processes. Abstract book. 9 th International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization" Soil Science of Turkey Cooperation with Federation of Eurasian Soil Science Societies. p. 107.
- Šimunić et al., 2011 – Ivan Šimunić, Palma Orlović-Leko, Tanja Likso, Vilim Filipović, Tatiana Minkina (2011). Water Quality in Hydroameliorated Agricultural Areas. *Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS)*. Vol. 76, No 1, pp. 49–55. http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=101695
- Soil Liquid Phase Composition, 2016 – Soil Liquid Phase Composition (2001) / Editors: V.V. Snakin, A.A. Prisyazhnaya, E. Kovács-Láng. Elsevier Science B.V. [Electronic resource]. URL: https://books.google.ru/books?id=4qNfLt73bIgC&pg=PA232&lpg=PA232&dq=mpc+cd+in+soil&source=bl&ots=_iMBvJCnzz&sig=sejTK2Gi_YULHlbxtyNx4e2lrxg&hl=ru&sa=X&ved=0CEMQ6AEwBWoVChMI9prb55DlxwIVSJECh2pYQzE#v=onepage&q=mpc%20cd%20in%20soil&f=false (Access date: 31.07.2016).
- Sokolov, Glazko, 2015a – Sokolov M.S., Glazko V.I. (2015). The discoverer of the law "of diminishing returns", the doctrine of self-regulation and self-development of healthy soil. *International Journal of Environmental Problems*, No 2 (2), pp. 78–96.
- Tayyebi et al., 2014 – Tayyebi A., M. Tayyebi, M. Ramezani Farani, M.Barekati, SH.Ebrahimi, M. Outoksha (2014). Synthesis of Magnetite/graphene Composite with Supercritical Methanol and Investigation of Its Enhanced Adsorption Properties for Lead Removal. / Published in abstract book of 3rd ScienceOne International Conference on Environmental Sciences, Page No. 23. Proceeding <http://thescienceone.com/ices/proceedingsices2014.php> 4/16
- Tayyebi et al., 2016 – Tayyebi A, A Tayyebi, E Vaz, JJ Arsanjani, M Helbich (2016). Analyzing crop change scenario with the SmartScape™ spatial decision support system. *Land Use Policy*, Vol. 51, February 2016, Pages 41–53, doi:10.1016/j.landusepol.2015.11.002
- Teaf, 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. [Electronic resource]. URL: <http://scholarworks.umass.edu/soilsproceedings/vol15/iss1/10> (Access date: 31.07.2016).

Turmel M.S. et al. 2015 – Marie-Soleil Turmel, Alicia Speratti, Frédéric Baudron, Nele Verhulst and Bram Govaerts (2015). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, Vol. 134, pp. 6–16.

Varela et al., 1991 – Varela F.J., Thompson E. & Rosch, E. (1991). The embodied mind: cognitive science and human experience. Cambridge, Mass.: MIT Press. [Electronic resource]. URL: <https://mitpress.mit.edu/books/embodied-mind> (Access date: 31.07.2016).

Verchot et al., 2011 – Verchot L.V., Dutaur L., Shepherd K.D., Albrecht A. (2011). Organic matter stabilization in soil aggregates: Understanding the biogeochemical mechanisms that determine the fate of carbon inputs in soils. *Geoderma*, 161(3–4): 182–193. doi:10.1016/j.geoderma.2010.12.017

Voropaeva et al, 2016 – Voropaeva N.L., Mukhin V.M., Bogdanovich N.I., Spiridonov Ju.Ja., Kurilkin A.A., V.V. Karpachev (2016). Improvement of soils by means of the active coals received from vegetable annually renewable primary agricultural waste. / Modern problems of herbology and soil improvement. International scientific-practical conference. 21–23 June 2016. pp. 240–246.

Wiß et al., 2014 – Felix Wiß, Tobias Stacke, and Stefan Hagemann (2014). Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models. *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly 2014, doi:Vol. 16. EGU2014-14086.

World Nuclear Organization, 2015 – World Nuclear Organization. *Naturally-Occurring Radioactive Materials (NORM)* (Updated July 2015). [Electronic resource]. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/radiation-and-health/naturally-occurring-radioactive-materials-norm.aspx> (Access date: 31.07.2016).

Woldemeskel et al., 2014 – Woldemeskel Fitsum, Ashish Sharma, Bellie Sivakumar, and Raj Mehrotra (2014). Antifing GCM uncertainty for estimating storage requirements in Australian reservoir. *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, Vienna, doi:Vol. 16. EGU2014-12151.

Wu et al., 2013 – Wu ZD, U Lall, M Zhao (2013). A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 275, pp. 2718–2722. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.275-277.2718

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.

Zaitseva et al., 2003 – Zaitseva R.I., Nikitina N.S., Sudnitsyn I.I. (2003). The effect of the concentration and osmotic pressure of soil solution on the availability of water to plants. *Eurasian Soil Science*, V. 36, No 9, pp. 1003–1009.

Zinchenkou et al., 2013 – Zinchenkou V.E., Lokhmanova O.I., Kalinichenko V.P., Glukhov A.I., Povkh V.I., Shljakhova L.A. (2013). Space monitoring of agricultural lands in southern Russia. *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*, Vol. 49, Is. 9, P. 1036–1046, doi:10.1134/S0001433813090168

УДК 550.46:502.33:631.43:631.51

Состояние геохимического цикла Земли в стандартных технологиях производства и утилизации отходов и возможности его коррекции методами биogeосистемотехники (проблемно-аналитический обзор)

Валерий Петрович Калиниченко ^{a, b, *}

^a Институт плодородия почв юга России, Российская Федерация

^b Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: kalinitch@mail.ru (В.П. Калиниченко)

Аннотация. Конфликт биосферы с технологиями человечества обусловлен неверным пониманием цикла вещества Земли и современных возможностей управления им. Отечественные и международные программы развития, основанные на устаревших имитационных технологиях, не имеют перспективы. Рассмотрены неудовлетворительные результаты и опасность применения индустриальной технологической платформы в биосфере на примере современных антропогенных геохимических циклов вещества Земли, неприемлемых с точки зрения управления потоками вещества в наземных и водных системах и сохранения жизни. Для нового этапа непротиворечивого развития биосферы и технологии предложена биогеосистемотехника – технические средства и технологии для создания устойчивых трансцендентальных биогеосистем, обеспечивающих высокую биологическую емкость и продуктивность почв, утилизацию отходов, экономное расходование пресной воды.

Биогеосистемотехника – технические решения и технологии управления биогеохимическим циклом вещества биогеосистем в газообразной, жидкой, твердой фазе. Это позволяет синтезировать почву с агрономически ценной устойчивой дисперсной структурой путем фрезерного рыхления иллювиального горизонта; уменьшить норму потребления пресной воды на производство биологической продукции путем внутрипочвенного импульсного континуально-дискретного полива; увеличить норму экологически безопасного рециклинга вещества в дисперсной системе почвы.

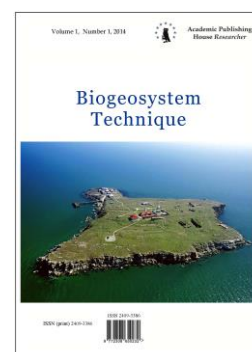
Биогеосистемотехника позволяет непротиворечиво решать производственные задачи и преодолевать проблемы охраны окружающей среды в едином технологическом цикле, получать управляемый прирост потока геохимического цикла Земли, ускорять возврат вещества в биосферу, увеличивать производство продовольствия и ресурсов с высоким производственным результатом и меньшими затратами, обеспечивает устойчивость, качество биосферы, климата, долгосрочную экономическую выгоду.

Ключевые слова: геохимический цикл, биосфера, устойчивость, биогеосистемотехника, почва, полив, рециклинг, ресурсы.

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. 8, Is. 2, pp. 145-159, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.8.145
www.ejournal19.com



UDC 631.481:536.7:550.4.01 (470)

The energetic and thermodynamic characteristics of chernozems of Northern Azov region and Crimea

Elena I. Ergina ^{a, *}, Olga S. Bezuglova ^b

^a Crimean Federal University named after VI Vernadsky, Simferopol, Scientific-Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation

^b Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The basic thermodynamic and energetic characteristics of chernozems and soil-forming rocks of the Azov region and the Crimean Peninsula have been studied, which testify to the unity of their genetic development during the formation on similar rocks. The energy and thermodynamic characteristics of chernozems and parent rocks of the Northern Azov and the Crimean peninsula were calculated based on the results of analyzes of bulk contents of the mineral part of soil with the use of literature and experimental data. The determination of bulk contents were carried out by X-ray fluorescence. Crystal lattice energy values in the studied chernozems vary over a fairly wide range of from 9948 to 17847 kJ/g; Gibbs energy – from 955 to 1,325 kJ/g. Entropy value is in the range 51–66 kJ/g deg. This indicates a fairly high energy reserves, as well as relatively high variability of energy and thermodynamic parameters. The highest values of the crystal lattice energies and the Gibbs energy are inherent in chernozems of the Crimean peninsula - calcareous foothill chernozems, smaller – southern chernozems. Chernozems of the Rostov region are intermediate for these parameters and lowest values were determined for thin chernozems of the Crimean peninsula, formed on the dense limestone. From the thermodynamic point of view, a substantiated claim has been proposed that the stages of soil ontogeny are directly dependent on the thermodynamic and energetic properties of the parent material. The highest values of the thermodynamic parameters of the soil are found in the chernozems of the Crimean peninsula - calcareous foothill chernozems and southern chernozems of lowland areas. Ordinary black calcareous Rostov region occupy an intermediate position based on these parameters. The lowest values of these parameters are typical for thin calcareous southern chernozems of Crimea.

Keywords: energy of the crystal lattice, the Gibbs free energy, entropy, black soil, Crimea, Rostov region.

1. Введение

Благоприятные физические свойства разнообразных полидисперсных полиминеральных горных пород обуславливают возможность возникновения растительного покрова сразу же после создания подходящих условий. Со временем аккумуляция

* Corresponding author

E-mail addresses: ergina65@mail.ru (E.I. Ergina), lola314@mail.ru (O.S. Bezuglova)

биофильных элементов в верхних слоях почвы создает условия для почвообразующего процесса, интегрированным показателем которого является накопление гумуса. По выражению В.Р. Вильямса: «Горная порода, чтобы стать почвой, должна развить два новых свойства, которые составляют существенный признак почвы – ее плодородие. Она должна приобрести способность к образованию и сохранению запаса воды ..., сконцентрировать и удержать необходимый для развития растений запас элементов их зольной и азотной пищи» (Вильямс, 1947: 37). В связи с этим, представляет интерес изучение особенностей формирования черноземных почв с точки зрения полноты отражения их свойств в зависимости от энергетических факторов среды. Энергетический и термодинамический подход при изучении природных процессов, в том числе почвообразования получает в последнее время все большее распространение. Как отмечает Д. Тихоненко «почвогенезис является сложным антиэнтропийным био-гео-физико-химическим процессом экзогенного преобразования на поверхности Земли веществ и энергии, причастным к формированию из бесплодной породы качественно нового, наделенного плодородием природного тела – почвы» (Тихоненко и др., 2005: 46). Термодинамические и энергетические характеристики являются основными при оценке "почвообразующего потенциала".

Концепция почвообразующего потенциала природных факторов (ПППФ) представляет собой развитие представлений о почвообразующих потенциалах климата и биоты (Таргульян, 1982). С.А. Шоба с соавторами предложили вариант определения почвообразующего потенциала природных факторов (ПППФ) как способность формировать из любого твердофазного субстрата сложно организованные почвенные тела и почвенные системы (Шоба и др., 1999). Развитие этого представления привело к дифференциации концепции ПППФ в узкое понятие «частных почвообразующих потенциалов (ПП или ЧПП)» (Шоба и др., 1999), среди которых особый интерес представляет оценка ПП материнских пород или исходного субстрата, посредством определения термодинамических свойств почвы и почвообразующей породы. Для оценки термодинамических свойств почв существуют характеристики энергии кристаллической решетки, свободной энергии Гиббса и энтропии минеральной части. Эти показатели наиболее полно отражают степень зрелости почвы, ее климаксное состояние.

Одной из фундаментальных работ в области изучения термодинамических и геохимических процессов в минералах является труд А.Е. Ферсмана (Ферсман, 1958). В ней он отмечал: «Под энергией решеток понимается количество энергии, которую необходимо затратить, чтобы разъединить ионы решетки и перенести их в бесконечность. Образование решетки из свободных ионов является процессом уменьшения свободной энергии системы, которая ведет к увеличению ее энтропии» (Ферсман, 1958: 105).

В.Р. Волобуев энергию кристаллической решетки определяет как: "Количество энергии, которую нужно затратить для разрушения одной грамм-молекулы кристаллического вещества до состояния газообразных одноатомных ионов, которые бесконечно отдалены друг от друга" (Волобуев, 1968: 89). Другая важная термодинамическая характеристика системы – свободная энергия Гиббса – определяет ту часть энергии, за счет которой при соответствующих условиях может осуществляться полезная работа (Забалуев, 2003). Энтропия – это функция состояния термодинамической системы, определяющая меру необратимого рассеивания энергии (Забалуев, 2003).

Данную проблему, но в разрезе необходимости изучения энергетических характеристик почв и почвообразующих пород, позднее исследовали многие отечественные авторы (Волобуев, 1959; Искандеров, 1974; Лабенец и др., 1974; Забалуев, 2003). Термодинамические характеристики почвообразующих пород и почв Крыма охарактеризованы в работах (Дорогокупец, Карпов, 1984; Ергина, 2012; Ергина, 2013; Єрґіна, 2013; Lisetskii et al., 2013).

2. Объекты и методы

Сравнительная характеристика черноземов Предкавказья и Крыма представляет интерес в силу достаточно явных различий в условиях формирования, и в то же время наличия многих общих черт в генезисе и свойствах этих почв.

Климат Западного Предкавказья определяется близостью Азовского и Черного морей на западе и высокими хребтами Кавказа на юге. Именно такое географическое положение обуславливает мягкую, малоснежную, с частыми оттепелями зиму, умеренно жаркое лето, значительную продолжительность безморозного периода, высокую сумму положительных температур (табл. 1). В то же время открытость с севера и северо-востока предопределяет проникновение холодных потоков воздуха с Восточно-Европейской равнины.

Именно поэтому северная часть Азово-Кубанской равнины – Приазовская наклонная равнина – отличается континентальностью климата: для нее характерна более холодная зима, меньшая продолжительность вегетационного периода, меньшая сумма активных температур. Влияние сухих воздушных масс астраханско-каспийских степей обуславливает невысокое годовое количество осадков – 500–700 мм.

Таблица 1. Климатические условия почвенных зон районов исследования (Панов, 2006; Позаченюк, 2009)

Геоморфологическая принадлежность, административный регион	Почвенные фации и провинции	Преобладающие почвы	ГТК*	Годовое количество осадков, мм	Эффективные осадки, мм [†]	Сумма t>10°C	Безморозный период, дни
Приазовская наклонная равнина, Ростовская область	Южно-Европейская теплая (теплая кратковременно промерзающих почв), Предкавказская	Черноземы миграционно-сегрегационные (обыкновенные карбонатные, североприазовские)	0,7	620	360	3300	160–180
Крымский полуостров, Республика Крым	Южно-Европейская теплая (теплая кратковременно промерзающих почв), Южно-Украинская	Черноземы текстурно-карбонатные (южные, южные карбонатные, южные мицелярно-карбонатные)	0,7	360–400	170–220	3280–3335	165–200
Крымский полуостров, Республика Крым	Южно-Европейская теплая (теплая кратковременно промерзающих почв), Южно-Украинская	Черноземы предгорные	0,9	450–500	180–240	3110–3160	165–200

В Ростовской области разрезы были заложены в 2012–2013 гг. на черноземах обыкновенных карбонатных (миграционно-сегрегационных (Шишов и др., 2004)), на залежном и целинном участках. Этот подтип чернозема составляет основу почвенного

* ГТК = $R \cdot 10 / \Sigma t$; где R сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10°C, Σt – сумма температур в градусах °C за то же время.

† Количество усвоенных почвой осадков, соответствуют годовой сумме осадков за исключением выпавших в жаркий период (среднесуточная температура выше 20°).

покрова Приазовской наклонной равнины, простирающейся от Донецкого поднятия до берегов Азовского моря и реки Дон. В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» относится к теплой кратковременно-промерзающей фации (Егоров и др., 1977). Почвы представлены преимущественно глинистыми, реже тяжелосуглинистыми разновидностями. Сформированы они, большей частью, на лессовидных глинах и суглинках, редко – на желто-бурых структурных глинах.

Верхняя часть профиля имеет темно-серую с бурым оттенком окраску, которая книзу постепенно светлеет и сменяется серо-бурым и бурым тоном. Мощность гумусовых горизонтов, чаще всего, 87–91 см, начало вскипания в карбонатных почвах – с поверхности, в некарбонатных – с 60–65 см. Карбонатная плесень начинается соответственно с 60 и 70 см, белоглазка появляется со 100–110 см. Гипс, в большинстве случаев, находится глубже 300 см, но встречается и на глубине 220–230 см (Безуглова, Хырхырова, 2008). Содержание гумуса в пахотном слое составляет 4,6–4,7 %, а общие запасы его в гумусовых горизонтах – 345–385 т/га. Количество валового азота 0,20–0,25 %, фосфора – 0,11–0,16 %, калия – 2,3 %. Содержание подвижной фосфорной кислоты, преимущественно, низкое и очень низкое, обменного калия – повышенное. Обеспеченность легкогидролизуемым азотом непостоянна: при неблагоприятных для микробиологических процессов гидротермических условиях количество усвояемых форм азота недостаточно для нормального развития сельскохозяйственных культур. Реакция почвенной среды в верхней части профиля слабощелочная (рН равно 8,0), в нижней – среднещелочная (рН – 8,0–8,5).

Основные черты климата Крымского полуострова обусловлены географическим положением, морским окружением и особенностями геологического и тектонического развития территории. Это определило формирование генетически разнородных регионов: равнинного Крыма и горного Крыма. Равнинный Крым, с господствующими в структуре почвенного покрова черноземами, характеризуется умеренным мягким климатом со значительным числом часов солнечного сияния, относительно мягкой зимой, жарким летом и дефицитом атмосферной влаги (табл. 1). Пространственная изменчивость температуры воздуха довольно высокая. Средняя температура воздуха в июле колеблется в пределах 20,0–22,1, в январе -2,3...+0,3°C. Количество осадков на побережьях северной и северо-западной части равнинного Крыма и большей части Керченского полуострова за год составляет менее 350 мм, 350–400 мм в Присивашье и в западной части равнинного Крыма, в центральной части возрастает до 400–450 мм.

Величина энергетических затрат на почвообразование, рассчитанная по формуле В.Р. Волобуева (Волобуев, 1959) и позволяющая в полной мере оценить вклад гидротермических факторов в процесс почвообразования, колеблется в пределах 980–1000 МДж/м². В предгорьях Северного макросклона Крымских гор, средние температуры воздуха в июне изменяются в пределах 15,4–20,3, в январе – -0,5...+1,6°C количество осадков достигает 450–500 мм, энергетические затраты на почвообразование в предгорье достигают 1200 МДж/м² (Лисецкий, Ергина, 2010).

Исследуемые почвы расположены в Центральной части равнинного Крыма и в юго-восточной части Тарханкутского полуострова. Крымские черноземы в равнинной части сформированы в основном на лессовидных породах на красно-бурых плиоценовых глинах, сарматских и майкопских засоленных глинах, а также на продуктах выветривания известняков и конгломератах. В пределах предгорной части Крыма формируются предгорные черноземы, среди них преобладают карбонатные роды, сформированные на элювии и смешанных элювиально-делювиальных отложениях карбонатных пород и глинисто-галечниковых отложениях.

Черноземы южные (текстурно-карбонатные (Шишов и др., 2004)) чаще всего представлены малогумусными и слабогумусированными, средне и маломощными видами. Мощность гумусовых горизонтов (А+АВ) колеблется в пределах 48–70 см. Содержание гумуса составляет в среднем от 2,5 до 3,5 %. На их окраску значительно влияют свойства материнских пород. Белоглазка наблюдается на глубине 70–80 см, гипс появляется со 150–200 см. рН 6,8–8,0. Сумма поглощенных оснований 30–40 мг-экв/100 г. Для черноземов Крыма характерна высокая карбонатность (Половицкий, Гусев, 1987).

Черноземы южные мицелярно-карбонатные (миграционно-сегрегационные (Шишов и др., 2004)), отличаются наличием мицелярных форм карбонатов, которые проявляются по

всему профилю или даже с поверхности, белоглазка на глубине от 60 см, гипс со 150 см. Солевой профиль черноземов южных характеризуются незначительным содержанием легкорастворимых солей (Половицкий, Гусев, 1987).

Черноземы южные карбонатные, сформированные на плотных карбонатных породах, отличаются от рода на лессовидных и других мелкоземистых породах большей скелетностью и отсутствием в большинстве видов скоплений «белоглазки» и гипса.

Минералы в почвах, можно сравнивать между собой по разным признакам: по химическому составу, по дисперсности, по структуре кристаллических решеток, природе связей элементов в решетке. Наиболее объективной и важной характеристикой прочности минералов является энергия кристаллической решетки. По этому поводу Ф.Э. Ферсман писал: «Для меня целиком ясно, что законы выщелачивания... на первых шагах современной геохимии и почвообразования должны решаться путем энергетического анализа этих процессов» (Ферсман, 1958: 105).

Энергию кристаллической решетки и свободную энергию Гиббса можно рассчитать эмпирическими и полуэмпирическими формулами (Искандеров, 1974; Зуев, 2006). Для их использования необходимы количественные данные о составе минералов, но учитывая сложность определения минерального состава почв, В.Р. Волобуев предложил считать минеральную часть почвы суммой оксидов, а для расчетов энергии кристаллической решетки и свободной энергии Гиббса использовать данные валового химического состава минеральной части почвы (Волобуев, 1968). Именно с использованием этого методического приема нами велись дальнейшие расчеты. Значения энергии кристаллических решеток в оксидах приведены в таблицах, которые рассчитаны А.Е. Ферсманом (Ферсман, 1958). Константы свободной энергии размещены в термодинамических справочниках (Карапетьянц, Карапетьянц, 1968; Дорогокупец, Карпов, 1984).

Как правило, термодинамические характеристики относят к единице количества вещества (молю) и выражают в ккал/моль, или кДж/моль. Но очевидно, что для корректного сопоставления величин и для использования при расчетах данных валовых анализов все расчеты должны производиться в кДж/г. Расчеты проводились с использованием формул (1)-(3):

$$U_m = U/M, \quad (1)$$

$$G_m = G/M, \quad (2)$$

$$S_m = S/M, \quad (3)$$

где U_m – энергия кристаллической решетки (кДж/г); U – энергия кристаллической решетки (кДж/моль); M – мольный вес соединения г/моль; G_m – энергия Гиббса (кДж/г); G – энергия Гиббса (кДж/моль); S_m – энтропия (кДж/г); S – энтропия (кДж/моль).

Энергетические и термодинамические характеристики рассчитывали по результатам валовых анализов с использованием данных, которые приведены в работах Н.Н. Дзенс-Литовской (Дзенс-Литовская, 1970), И.Я. Половицкого (Половицкий, Гусев, 1987) и авторских определений. Определение валового содержания тяжелых металлов проводили рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спетроскан». Принцип метода основан на процессах возбуждения атомов вещества и возникновении флуоресцентных рентгеновских характеристических (вторичных) излучений под воздействием рентгеновского облучения (первичного излучения). Наличие характерных спектральных линий свидетельствует об элементном составе исследуемого образца. Интенсивность линий связана с уровнем содержания соответствующих элементов.

3. Результаты и обсуждение

Значения энергии кристаллической решетки (U_m), рассчитанные с использованием формулы (1), в исследуемых черноземах изменяются в довольно широком диапазоне от 9948 до 17847 кДж/г; энергии Гиббса (G_m по формуле (2)) от 955 до 1325 кДж/г. Величина энтропии (S_m по формуле (3)) находится в пределах 51–66 кДж/г град. Эти результаты свидетельствуют о довольно высоких запасах энергии, и об изменчивости энергетических и термодинамических показателей. Эти значения свидетельствуют о довольно высоких запасах энергии, и об изменчивости энергетических и термодинамических показателей. Наибольшие значения энергии кристаллических решеток и энергии Гиббса присущи

черноземам Крымского полуострова – черноземам предгорным карбонатным, меньшие – черноземам южным. Черноземы Ростовской области по этим параметрам занимают промежуточное положение и наименьшими значениями характеризуются маломощные черноземы Крымского полуострова, сформированные на плотных известняках (табл. 2). Незначительные отличия в показателях термодинамического и энергетического состояния черноземов на залежных и целинных участках свидетельствует о достаточной консервативности проявления процессов преобразования минералов независимо от способа использования почв.

Графическая интерпретация значений энергии кристаллической решетки (U_m) и свободной энергии Гиббса (G_m) (табл. 2, рис. 1) позволяет выделить два поля в зоне графика.

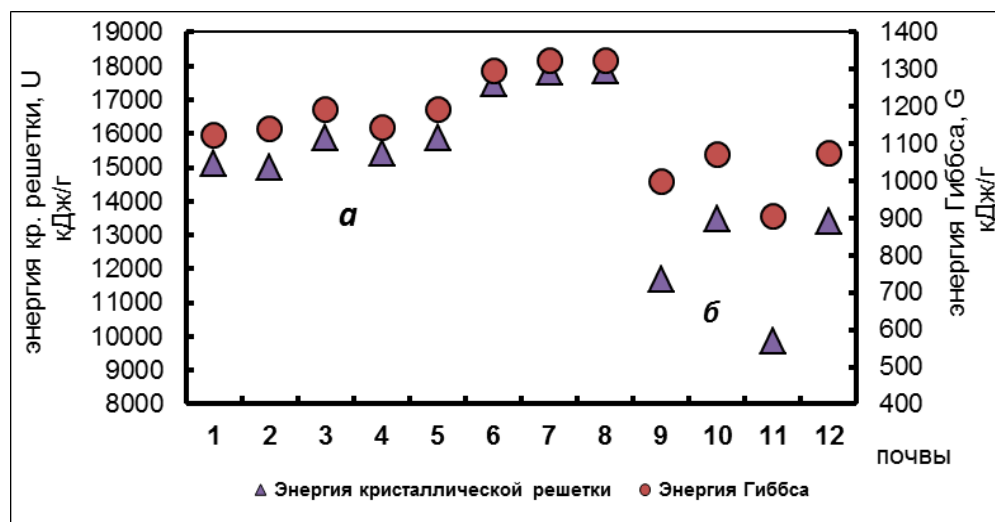


Рис. 1. Энергия кристаллической решетки (U_m) и энергия Гиббса для черноземов Крымского полуострова и Ростовской области. Цифрами на оси абсцисс обозначены почвы. Ростовская область: 1–2 – черноземы обыкновенные карбонатные; Крымский полуостров: 3 – чернозем южный на суглинках; 4 – чернозем южный на красно-бурых глинах; 5 – черноземы южные на красно-бурых глинах; 6 – черноземы южные на суглинках; 7, 8 – черноземы предгорные карбонатные; 9–12 – черноземы маломощные на известняках.

В поле (а) находятся почвы, в которых максимальные значения энергии решетки и свободной энергии Гиббса – это черноземы разных родов Крымского полуострова и Ростовской области, сформированные на рыхлых почвообразующих породах: различных по генезису суглинках, лессах, красно-бурых и желто-бурых глинах. В поле (б) расположились точки со значительно меньшими значениями энергии кристаллической решетки и свободной энергии Гиббса. Это черноземы, сформированные на плотных почвообразующих породах – карбонатах и конгломератах. Следовательно, увеличение энергии кристаллической решетки влечет за собой закономерное повышение свободной энергии Гиббса.

Сравнение энергии кристаллической решетки (U_m) с отношением свободной энергии к энергии кристаллической решетки (G_m/U_m) (табл. 2, рис. 2) позволяет сформулировать интересные закономерности. Точки на графике также условно располагаются в двух полях.

Точки в секторе (а) имеют большие значения энергии кристаллической решетки, но в них меньшая часть свободной энергии, которая может превращаться в работу. Очевидно, причины этого кроются в химическом и минералогическом составе почв. Это группа полнопрофильных зональных почв, сформированных на рыхлых почвообразующих породах. В таких почвах в ходе почвообразования высвобождается незначительная часть энергии, в связи с чем процессы, на которые необходимо значительное количество энергии, например, выветривание, формирование гумусового горизонта, в том числе аккумулялирование гумуса, стагнируются (или замедляются). Наоборот, в почвах,

сформированных в Крыму на достаточно плотных породах и продуктах их выветривания (рис. 1, сектор (б)), несмотря, на более низкие значения энергии кристаллической решетки, высвобождается больше свободной энергии (Єргіна, 2013). Этот факт необходимо учитывать при разработке комплексов мероприятий с целью улучшения свойств почв, при их сельскохозяйственном использовании и рекультивации.

Таблица 2. Термодинамические характеристики черноземов Крымского полуострова и Ростовской области, (кДж/г)

Почвы	Энергия решетки, (U_m)	Энергия Гиббса, (G_m)	Энтропия (S_m)	G_m/U_m , %	u/U_m , %
Чернозем предгорный, Крым	17846,68	1324,88	66,36	7,42	15,20
Чернозем предгорный, Крым	17813,92	1324,88	66,36	7,44	13,20
Чернозем южный на суглинках, Крым	17475,40	1294,97	65,19	7,41	20,22
Чернозем южный на карбонатных суглинках, Крым	15868,82	1192,74	60,16	7,52	22,97
Чернозем южный на красно-бурых глинах, Крым	15868,82	1192,74	60,16	7,52	39,77
Чернозем южный на красно-бурых глинах, Крым	15432,05	1142,44	55,35	7,40	28,47
Чернозем обыкновенный карбонатный, Ростовская область	15117,09	1123,77	55,69	7,43	22,96
Чернозем обыкновенный карбонатный, Ростовская область	15004,17	1142,03	57,14	7,61	21,96
Чернозем карбонатный на известняках, Крым	11373,77	980,11	50,86	8,62	52,90
Чернозем карбонатный на известняках, Крым	10791,75	955,13	50,71	8,85	36,43
Чернозем карбонатный на известняках, Крым	9947,59	901,42	48,61	9,06	39,40

G/U , % – отношение свободной энергии к энергии кристаллической решетки

u/U , % – отношение безкремнезёмной части энергии кристаллической решетки к общему значению энергии решетки

Как известно (Волобуев, 1968), изменения суммарной величины энергии кристаллической решетки (U_m) в определенной степени находятся в прямой зависимости от суммарной доли энергии, которая приходится на кремнезем (u/U_m , %). Эту связь хорошо иллюстрируют данные, приведенные в табл. 2 и на рис. 3. Данные свидетельствуют, что максимальная энергия решетки, но низкая доля компонентов без кремнезема, присуща почвам, сформированным на рыхлых почвообразующих породах (рис. 3 (а)). Почвы с небольшими значениями энергии решетки имеют более высокую долю лишенной кремнезёма части (рис. 3. (б)), и, следовательно, обогащены новосформированными и остаточными минералами – это почвы на известняках.

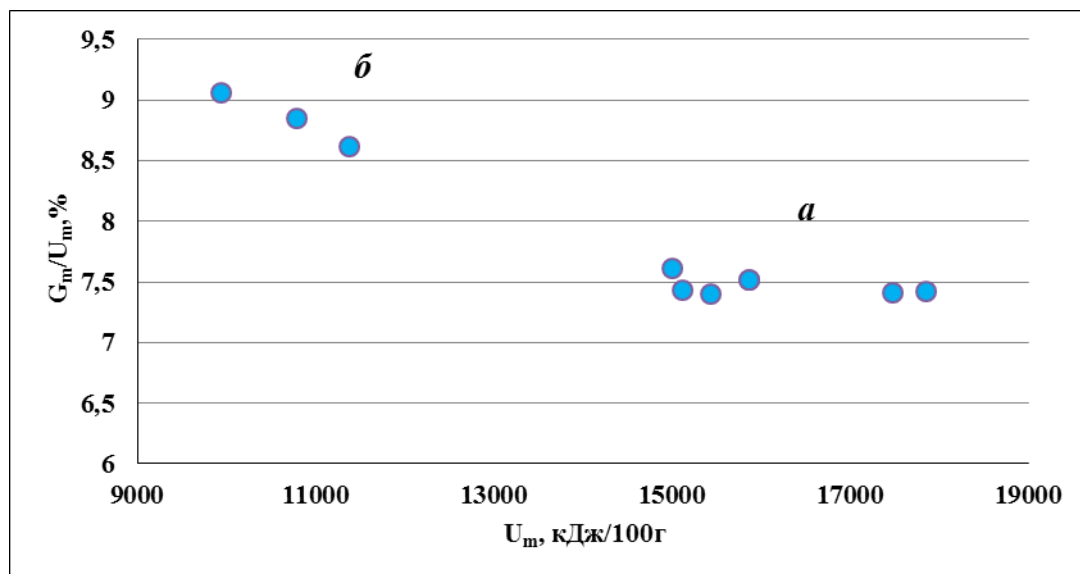


Рис. 2. Доля свободной энергии в отношении к энергии кристаллической решетки ($G_m / (U_m)$) и энергия решетки почв (U_m).

Аналогичную закономерность при анализе термодинамических свойств полнопрофильных почв выявил В.Р. Волобуев, он отмечает: «Среди почв с малой энергией решетки наблюдались очень большие расхождения в составе новообразованных минералов: это почвы, которые богаты или карбонатом кальция, или полтораокислами» (Волобуев, 1968: 91). Иными словами, новообразованные в процессе почвообразования минералы имеют кристаллическую решетку со сниженной энергией связи, в сравнении с остаточными минералами, которые накапливаются в почвах, так как их решетка значительно устойчивее, и они медленнее разрушаются (Волобуев, 1968). Со временем, при достижении почвой стадии климакса, значения энергии кристаллической решетки увеличиваются, в почвах постепенно растет количество вторичных минералов, которые имеют более устойчивую кристаллическую решетку. В молодых почвах энергия решетки меньше, что дает возможность часть внешней энергии в почвенной системе использовать на процессы, которые обеспечивают формирование гумуса, почвенного профиля и др. (Ергина, 2013).

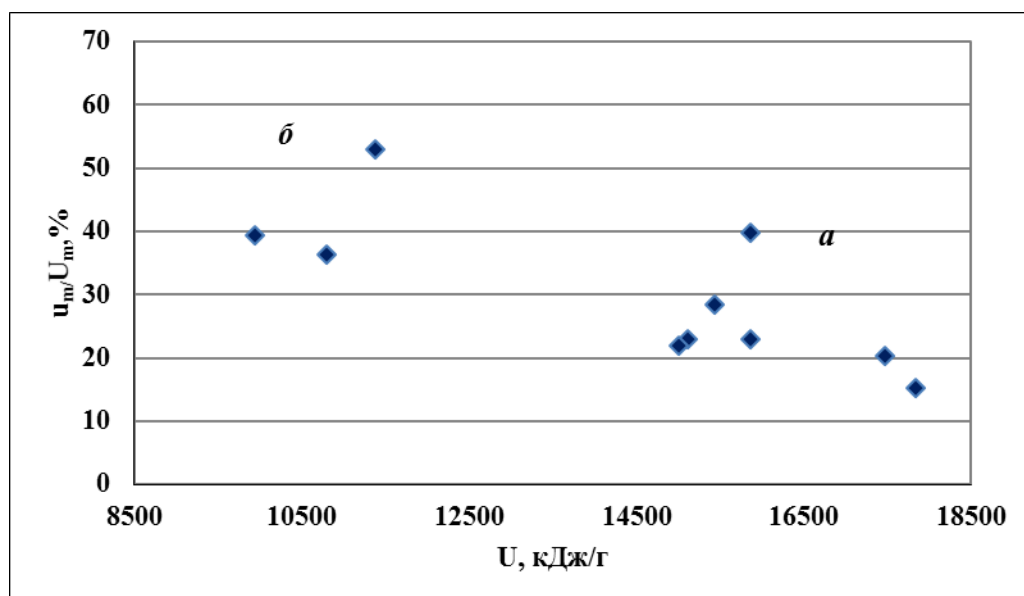


Рис. 3. Отношение энергии кристаллической решетки (U_m) к доле без кремнезёмной части (u/U_m).

Сегодня можно утверждать, что при почвообразовании происходят процессы накопления или синтеза минералов с повышенными значениями энергии кристаллической решетки. Таким образом, энергетические показатели, дают возможность определить генетические и эволюционные особенности почвообразующего процесса, его интенсивность и время почвообразования.

Этот тезис получает свое подтверждение при сравнении энергии кристаллической решетки минералов почвообразующих пород и сформированных на них почвах. По нашим данным четко проявляется закономерность: более высокие значения энергии кристаллической решетки минералов наблюдаются в генетических горизонтах почв, чем в почвообразующих породах (Ергина, 2013). Увеличивается величина свободной энергии Гиббса, а это свидетельствует, что возрастает высвобождение энергии, которая используется на процессы почвообразования, в том числе на усложнение системы, о чем свидетельствуют и более высокие значения энтропии в почвах, нежели в почвообразующих породах (Ергина, 2013).

В подавляющем большинстве исследуемых черноземов, вследствие относительно высоких значений энергии кристаллической решетки и низкой доли свободной энергии, которая может превращаться в работу, элементарные почвенные процессы будут мало интенсивными. Поэтому формирование или воспроизведение ресурсоформирующих свойств таких почв будет происходить относительно медленно. Следовательно, современное состояние исследуемых черноземов соответствует перманентной стадии онтогенеза почв (Кирильчук, 2014). К этой онтогенетической стадии относятся как почвы Ростовской области, так и почвы Крымского полуострова, сформированные на рыхлых почвообразующих породах – лессовидных суглинках и глинах.

Относительно высокая доля свободной энергии Гиббса, которая может превращаться в работу, и низкие значения энергии кристаллической решетки присущи значительной части почв территории исследований. Это является основанием для того, чтобы утверждать, что в этих почвах элементарные почвенные процессы, требующие для их реализации большого количества энергии, развиваются более интенсивно. По аналогии мы считаем, что актуальное состояние этих почв соответствует перфектной стадии онтогенеза (Кирильчук, 2014). К этой группе относятся маломощные почвы Крымского полуострова, сформированные на плотных почвообразующих породах: известняках, конгломератах.

Дальнейший анализ энергетических и термодинамических характеристик черноземов (рис. 4) показал, что наблюдается четкая зависимость величин энергии кристаллической решетки и энергии Гиббса от свойств почвообразующих пород, на которых сформированы почвы. Например, значение термодинамических характеристик красно-бурых глин, которые являются почвообразующими породами для малогумусного чернозема южного, почти в 3 раза меньше, нежели в верхнем горизонте этой почвы. Более чем в 2 раза увеличиваются значения энергетических характеристик черноземов карбонатных, в сравнении с известняками, на которых они сформировались (Ергина, 2013). Поскольку почвообразующие породы имеют различную способность к почвообразованию, следовательно, и сформированные на них почвы изначально имели различный потенциал плодородия.

Вниз по профилю термодинамические характеристики полнопрофильных почв закономерно снижаются, максимальные изменения мы наблюдаем при сравнении термодинамических характеристик почв в верхнем слое и в почвообразующих породах. При этом минимальные величины энергии кристаллической решетки и энергии Гиббса характерны для маломощных черноземов, сформированных на плотных карбонатных породах. Энергия кристаллической решетки в них изменяется от 12882–10212 кДж/г в верхнем слое до 12882–10212 кДж/г в породе. Соответственно, изменяется и энергия Гиббса: от 1043–973 кДж/г в верхнем слое до 944,25–878,06 кДж/г – в породе. Черноземы, сформированные на рыхлых почвообразующих породах (суглинках, красно-бурых глинах) имеют высокие значения энергии кристаллической решетки и в большей степени изменяются с глубиной: в интервале от 18026 в верхней части профиля до 14604 кДж/г – в породе.

Для сравнения параметров термодинамических и энергетических характеристик почвообразующих пород и почв использовали коэффициенты увеличения энергии кристаллической решетки ($K_{\text{экр}}$), свободной энергии Гиббса ($K_{\text{сег}}$) и энтропии ($K_{\text{э}}$), которые рассчитываются как отношения энергии кристаллической решетки, свободной энергии

Гиббса и энтропии в гумусовом слое почв (А+АВ) к соответствующим значениям в почвообразующей породе. Найденные коэффициенты показали, что перманентной стадии онтогенеза присущи значения $K_{\text{экp}}$ от 1,05 до 1,22; $K_{\text{сег}}$ – от 1,02 до 1,11 и $K_{\text{э}}$ – от 0,99 до 1,07 (табл. 3).

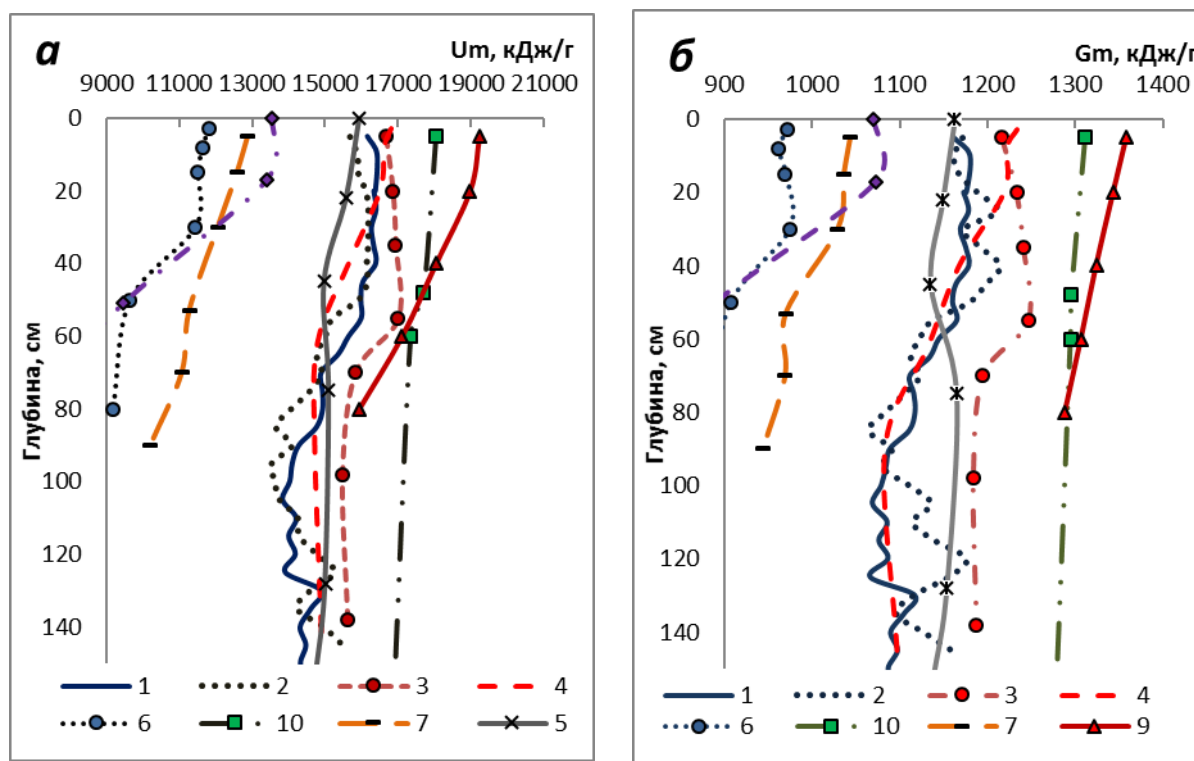


Рис. 4. Изменения энергии кристаллической решетки (U_m) – (а) и свободной энергии Гиббса (G_m) – (б) по профилю в черноземах. Цифрами обозначены почвы. Ростовская область: 1–2 – черноземы обыкновенные карбонатные; Крымский полуостров: 3 – чернозем южный на суглинках; 4–5 – черноземы южные на красно-бурых глинах; 6–8 – черноземы маломощные на известняках; 9 – черноземы предгорные карбонатные; 10 – черноземы южные на суглинках

Таблица 3. Коэффициенты увеличения энергии кристаллической решетки ($K_{\text{экp}}$), свободной энергии Гиббса ($K_{\text{сег}}$) и энтропии ($K_{\text{э}}$)

Почва	$K_{\text{экp}}$	$K_{\text{сег}}$	$K_{\text{э}}$
Чернозем южный на суглинках, Крым	1,05	1,02	0,99
Чернозем обыкновенный карбонатный, Ростовская обл.	1,07	1,02	1,00
Чернозем обыкновенный карбонатный, Ростовская обл.	1,08	1,04	1,03
Чернозем южный на красно-бурых глинах, Крым	1,09	1,09	1,09
Чернозем южный на карбонатных суглинках, Крым	1,15	1,09	1,05
Чернозем предгорный карбонатный, Крым	1,15	1,03	0,98
Чернозем южный на красно-бурых глинах, Крым	1,22	1,11	1,07
Чернозем карбонатный на известняках, Крым	1,53	1,23	1,12
Чернозем карбонатный на известняках, Крым	1,65	1,25	1,13
Чернозем карбонатный на известняках, Крым	1,85	1,34	1,18
Чернозем карбонатный на известняках, Крым	2,13	1,44	1,18

Значимых зависимостей между содержанием гумуса и термодинамическими характеристиками черноземов нами не выявлено, но В.А. Ковда отмечал, что потенциальное плодородие почв обратно пропорционально запасу их внутренней энергии, которая в свою очередь унаследована от материнской породы по (Ковда, 1973).

На наш взгляд, справедливо и утверждение М.А. Глазовской (Глазовская, 1981) о том, что запасы энергии в гумусе разных типов почв не пропорциональны затратам энергии на почвообразование. Очевидно, часть внешней энергии, которая попала в почвы, аккумулируется не в гумусе, и не в живом веществе, а в кристаллических решетках вторичных минералов, которые формируются в почвах.

4. Заключение

Наиболее высокими значениями термодинамических параметров характеризуются почвы Крымского полуострова – черноземы предгорные карбонатные и черноземы южные равнинных территорий. Черноземы обыкновенные карбонатные Ростовской области по этим параметрам занимают промежуточное положение и наименьшими значениями указанных показателей характеризуются маломощные черноземы южные карбонатные Крымского полуострова, сформированные на плотных известняках. Таким образом, группа полнопрофильных зональных черноземов, сформированных на рыхлых почвообразующих породах, отличается тем, что на современном этапе почвообразования в них высвобождается незначительное количество свободной энергии, способной превращаться в работу, в связи с чем процессы, на реализацию которых необходимо значительное количество энергии, например, выветривание, формирование гумусового горизонта, в том числе аккумуляция гумуса, физико-химические процессы, стагнируются.

Напротив, в почвах, сформированных в Крыму на достаточно плотных породах и продуктах их выветривания, несмотря на относительно низкие значения энергии кристаллической решетки, высвобождается больше свободной энергии и, следовательно, процессы почвообразования протекают более интенсивно.

Современное состояние черноземов Ростовской области и Крымского полуострова, сформированных на рыхлых почвообразующих породах – лессовидных суглинках и глинах, соответствует перманентной стадии онтогенеза почв. Маломощные черноземы, сформированные на известняках, находятся в перфектной стадии развития почв.

5. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Крым в рамках научного проекта № 15-45-01022 р_юг_а), а также гранта РФФИ № 16-04-00592.

Литература

Безуглова, Хырхырова, 2008 – Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.

Вильямс, 1947 – Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М.: Сельхозгиз, 1947. 342 с.

Волобуев, 1959 – Волобуев В.Р. Энергетика почвообразования // Изв. АН СССР Серия биологическая, 1959, №1. С. 45–54.

Волобуев, 1968 – Волобуев В.Р. Опыт расчета энергии кристаллической решетки почвенных минералов // Почвоведение, 1968, № 4, С. 89–93.

Глазовская, 1981 – Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв: учебник, М.: Высшая школа, 1981. 400 с.

Дзенс-Литовская, 1970 – Дзенс-Литовская Н.Н. Почвы и растительность степного Крыма, Л.: Наука, 1970. 157 с.

Дорогокупец, Карпов, 1984 – Дорогокупец П.И., Карпов И.К. Термодинамика минералов и минеральных равновесий, Новосибирск: Наука, 1984. 184 с.

Егоров и др., 1977 – Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.

[Ергина, 2012](#) – *Ергина Е.И.* Динамика термодинамических свойств и запасов энергии в гумусе почв Крымского полуострова // *Геополітика і екогеодинаміка регіонів*, 2012, Том 8, Вип. 1–2, С. 62–72.

[Ергина, 2013](#) – *Ергина Е.И.* Термодинамические свойства и энергетика гумуса разновозрастных почв Крымского полуострова // *Живые и биокосные системы*, 2013, № 3, URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-5>

[Ерґіна, 2013](#) – *Ерґіна О.І.* Енергетичні та термодинамічні характеристики ґрунтів і ґрунтоутворювальних субстратів Кримського півострова // *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 2013, Вип. 41, С. 132–139.

[Забалуев, 2003](#) – *Забалуев В.О.* Энергетичні і термодинамічні характеристики гірських порід як показника їх здатності до ґрунтоутворення // *Екологія і природокористування*, 2003, Вип. 6, С. 92–95.

[Зуев, 2006](#) – *Зуев В.В., Поцелуева Л.Н., Гончаров Ю.Д.* Кристаллоэнергетика как основа оценки свойств твердотельных материалов. СПб., 2006. 325 с.

[Искандеров, 1974](#) – *Искандеров И.Ш.* Энергия кристаллической решетки и свободная энергия минеральной части почв // *Почвоведение*, 1974, № 4, С. 147–149.

[Карапетьянц, Карапетьянц, 1968](#) – *Карапетьянц М.Х., Карапетьянц М.Л.* Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. М.: Изд-во Химия, 1968. 470 с.

[Кирильчук, 2014](#) – *Кирильчук А.А.* Онтогенез и география рендзин западного региона Украины, Автореферат дис. ... доктора географ. наук. Львов, 2014. 40 с.

[Ковда, 1973](#) – *Ковда В.А.* Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Кн. 1, 345 с.

[Лабенец и др., 1974](#) – *Лабенец Е.М., Горбунов Н.И., Щурина Г.Н.* Прогноз изменений свойств почв и разрушения минералов под влиянием воды и растворов // *Почвоведение*, 1974, №4, С. 130–146.

[Лисецкий, Ергина, 2010](#) – *Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И.* Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // *Почвоведение*, 2010, № 6, С. 643–657.

[Панов, 2006](#) – *Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А.* Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону, 2006. 487 с.

[Позаченюк, 2009](#) – *Позаченюк Е.А.* Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий: монография // научный редактор Е.А. Позаченюк, Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.

[Половицкий, Гусев, 1987](#) – *Половицкий И.Я., Гусев П.Г.* Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.

[Тихоненко и др., 2005](#) – *Тихоненко Д.Г., Горін М.О., Лактіонов М.І.* Ґрунтознавство: Підручник / за ред. Д.Г. Тихоненка, К.: Вища освіта, 2005. 703 с.

[Таргульян, 1982](#) – *Таргульян В.О.* Развитие почв во времени / Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1982. С. 108–113.

[Ферсман, 1958](#) – *Ферсман А.Е.* Избранные труды. М.: Изд. АН СССР, 1958. Т. IV, С. 105–123.

[Шишов и др., 2004](#) – *Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* (2004). Классификация и диагностика почв России, Смоленск: Ойкумена, 342 с.

[Шоба и др., 1999](#) – *Шоба С.А., Герасимова М.И., Таргульян В.О., Урусевская И.С., Алябина И.О., Макеев А.О.* Почвообразующий потенциал природных факторов. / Генезис, география и экология почв. Сб. науч. труд. Междунар. конф. Львов, 1999. С. 90–92.

[Lisetskii et al., 2013](#) – *Lisetskii F.N., Stolba V.F., Ergina E.I., Rodionova M.E., Terekhin E.A.* (2013). Post-agrogenic evolution of soils in ancient Greek land use areas in the Herakleian Peninsula, southwestern Crimea. *The Holocene*, 23(4), pp. 504–514.

References

[Bezuglova, Khyrkhyrova, 2008](#) – *Bezuglova O.S., Khyrkhyrova M.M.* (2008). Pochvy Rostovskoi oblasti [The soils of the Rostov area: the manual]. Uchebnoe posobie. Rostov-na-Donu: Izd-vo YuFU. 352 s.

[Vil'yams, 1947](#) – *Vil'yams V.R.* (1947). Pochvovedenie. Zemledelie s osnovami pochvovedeniya [Soil science. Agriculture with the basics of soil science]. М.: Sel'khozgiz, 342 s.

Volobuev, 1959 – *Volobuev V.R.* (1959). Energetika pochvoobrazovaniya [Energetics of pedogenesis]. *Izv. AN SSSR*, №1, Seriya biologicheskaya, S. 45–54.

Volobuev, 1968 – *Volobuev V.R.* (1968). Opyt rascheta energii kristallicheskoj reshetki pochvennykh mineralov [Experience the calculation of the crystal lattice energy of soil minerals]. *Pochvovedenie*, № 4, S. 89–93.

Glazovskaya, 1981 – *Glazovskaya M.A.* (1981). Obshchee pochvovedenie i geografiya pochv [General Soil Science and Soil Geography: textbook]: uchebnik. M.: Vysshaya shkola, 400 s.

Dzens-Litovskaya, 1970 – *Dzens-Litovskaya N.N.* (1970). Pochvy i rastitel'nost' stepnogo Kryma [Soils and vegetation of the steppe Crimea]. L.: Nauka, 157 s.

Dorogokupets, Karpov, 1984 – *Dorogokupets P.I., Karpov I.K.* (1984). Termodinamika mineralov i mineral'nykh ravnovesii [Thermodynamics of minerals and mineral equilibria]. Novosibirsk: Nauka, 184 s.

Egorov i dr., 1977 – *Egorov V.V., Fridland V.M., Ivanova E.N.* (1977). Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnosis of Soviet soil]. M.: Kolos, 223 s.

Ergina, 2012 – *Ergina E.I.* (2012). Dinamika termodinamicheskikh svoystv i zapasov energii v gumuse pochv Krymskogo poluostrova [Dynamics and thermodynamic properties of energy reserves in the Crimean peninsula humus soils]. *Geopolitika i ekogeodinamika regioniv*, Tom 8, Vip. 1–2, S. 62–72.

Ergina, 2013 – *Ergina E.I.* (2013). Termodinamicheskie svoystva i energetika gumusa raznovozrastnykh pochv Krymskogo poluostrova [Thermodynamic properties and energy uneven soil humus Crimea]. *Zhivye i biokosnye sistemy*, № 3, URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-5>

Ergina, 2013 – *Ergina O.I.* (2013). Energetichni ta termodinamichni kharakteristiki rruntiv i rruntoutvoryuval'nykh substrativ Krims'kogo pivostrova [Energy and thermodynamic properties of soils and soil substrates of Crimean Peninsula]. *Visnik L'viv'skogo universitetu. Seriya geografichna*, Vip. 41, S. 132–139.

Zabaluev, 2003 – *Zabaluev V.O.* (2003). Energetichni i termodinamichni kharakteristiki girs'kikh porid yak pokaznika ikh zdatnosti do rruntoutvorenniya [Energy and thermodynamic properties of rocks as an indicator of their ability to soil]. *Ekologiya i prirodozoristuvannya*, Vip. 6, S. 92–95.

Zuev, 2006 – *Zuev V.V., Potselueva L.N., Goncharov Yu.D.* (2006). Kristalloenergetika kak osnova otsenki svoystv tverdotel'nykh materialov [Crystal energy as a basis for evaluation of properties of solid materials]. SPb., 325 s.

Iskanderov, 1974 – *Iskanderov I.Sh.* (1974). Energiya kristallicheskoj reshetki i svobodnaya energiya mineral'noi chasti pochv [Lattice energy and the free energy of the mineral soil]. *Pochvovedenie*, № 4, S. 147–149.

Karapet'yants, Karapet'yants, 1968 – *Karapet'yants M.Kh., Karapet'yants M.L.* (1968). Osnovnye termodinamicheskie konstanty neorganicheskikh i organicheskikh veshchestv [Basic thermodynamic constants of inorganic and organic substances]. M.: Izd-vo Khimiya, 470 s.

Kiril'chuk, 2014 – *Kiril'chuk A.A.* (2014). Ontogenez i geografiya rendzin zapadnogo regiona Ukrainy [Ontogenesis and geography Redziny western region of Ukraine]. Avtoreferat dis. ... doktora geograf. nauk. L'vov, 40 s.

Kovda, 1973 – *Kovda V.A.* (1973). Osnovy ucheniya o pochvakh [Fundamentals of Soil teachings]. M.: Nauka, Kn. 1, 345 s.

Labenets i dr., 1974 – *Labenets E.M., Gorbunov N.I., Shchurina G.N.* (1974). Prognoz izmenenii svoystv pochv i razrusheniya mineralov pod vliyaniem vody i rastvorov [Forecast changes in soil properties and destruction of minerals under the influence of water and solutions]. *Pochvovedenie*, №4, S. 130–146.

Lisetskii, Ergina, 2010 – *Lisetskii F.N., Ergina E.I.* (2010). Razvitie pochv Krymskogo poluostrova v pozdnem golotsene [Development of the Crimean peninsula soils in the Late Holocene]. *Pochvovedenie*, № 6, S. 643–657.

Panov, 2006 – *Panov V.D., Lur'e P.M., Larionov Yu.A.* (2006). Klimat Rostovskoi oblasti: vchera, segodnya, zavtra [The climate of the Rostov region: yesterday, today and tomorrow]. Rostov-na-Donu, 487 s.

Pozachenyuk, 2009 – (2009). *Sovremennye landshafty Kryma i sopredel'nykh akvatorii* [Modern landscapes of the Crimea and adjacent waters]. / Scientific editor E.A. Pozachenyuk, Simferopol': Biznes-Inform, 672 s.

Polovitskii, Gusev, 1987 – *Polovitskii I.Ya., Gusev P.G.* (1987). *Pochvy Kryma i povyshenie ikh plodorodiy* [Soils of the Crimea and the increase of their fertility]. Simferopol': Tavriya, 152 s.

Tikhonenko i dr., 2005 – *Tikhonenko D.G., Gorin M.O., Laktionov M.I.* (2005). *Gruntoznavstvo: Pidruchnik* [Soil science] / za red. D.G. Tikhonenka. K.: Vishcha osvita, 703 s.

Targul'yan, 1982 – *Targul'yan V.O.* (1982). *Razvitie pochv vo vremeni* [Evolution of soil in time] // *Problemy pochvovedeniya*, M.: Nauka, S. 108–113.

Fersman, 1958 – *Fersman A.E.* (1958). *Izbrannye trudy* [Selected works]. M.: Izd. AN SSSR, T. IV, S. 105–123.

Shishov i dr., 2004 – *Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I.* (2004). *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnosis of Russian soil]. Smolensk: Oikumena, 342 s.

Shoba i dr., 1999 – *Shoba S.A., Gerasimova M.I., Targul'yan V.O., Urusevskaya I.S., Alyabina I.O., Makeev A.O.* (1999). *Pochvoobrazuyushchii potentsial prirodnykh faktorov* [The soil-forming potential of natural factors]. *Genezis, geografiya i ekologiya pochv*. Sb. nauch. trud. Mezhdunar. konf. L'vov, S. 90–92.

Lisetskii et al., 2013 – *Lisetskii F.N., Stolba V.F., Ergina E.I., Rodionova M.E., Terekhin EA.* (2013). *Post-agrogenic evolution of soils in ancient Greek land use areas in the Herakleian Peninsula, southwestern Crimea. The Holocene*, 23(4), pp 504–514.

УДК 631.481:536.7:550.4.01 (470)

Энергетическая и термодинамическая характеристика черноземов Северного Приазовья и Крыма

Елена Ивановна Ергина ^{a, *}, Ольга Степановна Безуглова ^b

^a Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

^b Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены основные термодинамические и энергетические характеристики черноземов и почвообразующих пород Приазовья и Крымского полуострова, которые, свидетельствуют о единстве их генетического развития при условии образования на сходных породах. Энергетические и термодинамические характеристики черноземов и материнских пород были рассчитаны по результатам валового химического состава минеральной части почвы с использованием литературных и собственных экспериментальных данных. Определение содержания химических элементов было проведено с помощью рентгеновской флуоресценции. Значения энергии кристаллической решетки в исследуемых черноземах изменяются в довольно широком диапазоне от 9948 до 17847 кДж/г; энергии Гиббса – от 955 до 1325 кДж/г. Величина энтропии находится в пределах 51–66 кДж/г град. Эти значения свидетельствуют о довольно высоких запасах энергии, и достаточно высокой вариабельности энергетических и термодинамических показателей. Наибольшие значения энергии кристаллических решеток и энергии Гиббса присущи черноземам Крымского полуострова – черноземам предгорным карбонатным, меньшие – черноземам южным. Черноземы Ростовской области по этим параметрам занимают промежуточное положение и наименьшими значениями характеризуются маломощные черноземы Крымского полуострова, сформированные на плотных

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: ergina65@mail.ru (Е.И. Ергина), lola314@mail.ru (О.С. Безуглова)

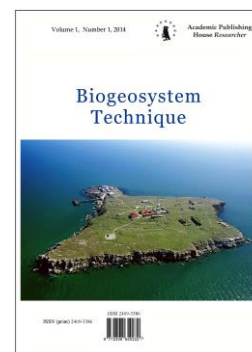
известняках. С термодинамических позиций обосновано утверждение, что стадии онтогенеза почв напрямую зависят от термодинамических и энергетических свойств почвообразующих пород. Наиболее высокими значениями термодинамических параметров характеризуются почвы Крымского полуострова – черноземы предгорные карбонатные и черноземы южные равнинных территорий. Черноземы обыкновенные карбонатные Ростовской области по этим параметрам занимают промежуточное положение. Наименьшие значения указанных показателей характерны для маломощных черноземов южных карбонатных Крыма.

Ключевые слова: энергия кристаллической решетки, свободная энергия Гиббса, энтропия, черноземы, Крым, Ростовская область.

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. 8, Is. 2, pp. 160-174, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.8.160
www.ejournal19.com



UDC 631.481

Geomodeling of the spatial distribution of climatic and economic energy consumption for soil formation in agricultural landscapes of the Crimean Peninsula

Vitalii P. Nesterenko ^{a,*}, Denis S. Breus ^a

^aKherson State Agricultural University, Ukraine

Abstract

The paper presents the results of the situational modeling of the spatial distribution of climatic and economic energy for soil formation, taking into account the morphometric features of the relief and evaluation of the estimated maximum capacity values of the humus horizon of soils in agricultural landscapes of Crimea for the 1960–2009 period. The mean value of total energy consumption for soil formation on the peninsula is differentiated: on irrigated lands it is 1190–1380 MJ/m², on rainfed lands it is 940–1080 MJ/m². Situational modeling shows that since the introduction of irrigation practices in Crimea the area of agrolandscapes having the potential of humus profile formation of more than 1000 mm has increased by 18,8 %. The value of soil humus horizon capacity under the full realization of energy potential can vary widely; on average, it is 1015 mm (680–1350 mm) on rainfed and 1530 mm (1460–1600 mm) on irrigated lands. The impact of natural factors of soil formation under current conditions of extensive economic activity is accompanied in most cases by a large-scale manifestation of deflation and erosion processes in agricultural landscapes. In this connection, the stabilization of soil degradation processes can be achieved through taking rational scientifically grounded soil and water protective measures.

Keywords: climate, irrigation reclamation, energetics, soil formation, geomodeling, Crimea.

1. Введение

Почвообразовательный процесс является звеном геологического и биологического круговорота вещества и энергии. В результате почва приобретает ряд специфических черт, отсутствующих в почвообразующей породе и отличающих почву от всех других компонентов биосферы. По учению В.В. Докучаева (Докучаев, 1936) определены пять факторов почвообразования – климат, рельеф, горные породы, организмы, время. Каждый из факторов оказывает свое специфическое влияние на почвообразование, без участия какого-либо из них почвообразование невозможно. В этом смысле все факторы являются равнозначными и незаменимыми.

Во многих работах климат выделяется как отдельный динамичный неконтролируемый процесс, который имеет различную степень нелинейного воздействия на различные

* Corresponding author

E-mail addresses: vitaliynesterenko88@gmail.com (Vitalii P. Nesterenko),
brabus73034@rambler.ru (Denis S. Breus)

элементы геокосистемы, в т. ч. экологическое состояние поверхностных вод (Lisetskii et al., 2014), изменение гидрологического (Ji et al., 2013; Кузьменко, 2012; Kim et al., 2014; Лисецкий, 2013) и гидрохимического режима рек (Pichura, 2015), прогнозирование паводков (Aziz, 2014; Dawson, 2001), трансформацию агроландшафтов в различных типах речных бассейнов (Пичура, 2014) и других природно-территориальных комплексов. П.А. Костычев (Костычев, 1949) обосновывал достаточно тесную взаимосвязь «климат – почва». Он предполагал, что в почве углерода много раз больше, в сопоставлении с атмосферой, который может высвободиться через эрозию, сельскохозяйственную обработку, вырубку лесов, добычу полезных ископаемых, способствуя тем самым глобальным изменениям климата. Управляя почвами надлежащим образом, можно ограничить повышение концентрации углекислого газа в атмосфере и даже уменьшить её (Sokolov, Glazko, 2015).

Климатический фактор определяет обеспеченность процесса почвообразования влагой (атмосферные осадки) и энергией (солнечная радиация). Именно эти условия в большой степени определяют интенсивность протекающих в почве процессов. Известное правило Вант-Гоффа (Семиохин и др., 1995), согласно которому при повышении температуры на 10 градусов скорость химической реакции увеличивается в 2–4 раза, справедливо, естественно, и для почвенных процессов. Благоприятные гидротермические условия влияют на сообщества растительных и животных организмов, увеличивая их продуктивность, что в конечном итоге также влияет на интенсивность почвообразования. Климатическая обусловленность почвообразования является достаточно нестабильным временным процессом, что обусловлено циклическими процессами и их амплитудой, а также изменением направленности. За последние 20–30 лет произошли значительные изменения климата в степной и сухостепной зонах (Lisetskii, Pichura, 2016) – среднегодовые значения температуры воздуха возросли на 1,0–1,24°C, сумма осадков увеличилась на 62–69 мм. Результат дождевой агрокультуры (зональные системы земледелия) в условиях степи, сухой степи, полупустыни лимитирован наличием атмосферных осадков (Okolelova et al., 2015), поэтому необходимость получения высоких урожаев обусловила развитие в этих регионах орошаемого земледелия. Экстенсивное земледелие в орошаемых агроландшафтах на основе устаревших техники и технологии приводит к необратимым процессам ухудшения их гидрогеолого-мелиоративного состояния. Широкое развитие орошения до 2003 года ($S = 391,1$ тыс. га), его современное сокращение в 2,7 раза в 2013 г. ($S = 144,5$ тыс. га), и в 26 раз в 2015 г. ($S = 15,0$ тыс. га) на фоне спровоцированной ирригацией деградации почв, высокая распаханность земель в крымских агроландшафтах (более 70 %), характер ветрового режима и увеличение частоты выпадения ливневых осадков во многом определяют активное развитие дефляции и водной эрозии, что приводит к ухудшению агрофизического, агрохимического состояния почв и неблагоприятному тренду почвообразовательных процессов.

2. Материалы, объекты и методы исследований

Объект исследования – агроландшафты Крымского полуострова.

Предмет исследований – влияния климата и хозяйственной деятельности (ирригационной нагрузки) на пространственное распределение энергетических затрат на почвообразование и формирование мощности гумусового горизонта на территории Крыма.

Существует два подхода определения эффективной климатической энергии через тепло- и влагообеспеченность, которые были предложены В.Р. Волобуевым (Волобуев, 1974) и С. Rasmussen, N.J. Tabor (Rasmussen, Tabor, 2007). Ранее (Ф.Н. Лисецкий, В.И. Пичура, 2015), установлена тесная экспоненциальная связь климатической энергетики на почвообразовательный процесс рассчитанной по моделям Rasmussen–Tabor (Q_{RT}) и Волобуева (Q_V): $Q_{RT} = 52,065 \exp(0,001Q_V)$; $r^2 0,93$, в результате показано, что предложенные подходы являются взаимодополняющими и обеспечивают возможность аппроксимации идентичных условий направленности климатической энергетики, но подход предложенный Волобуевым (Волобуев, 1974) обеспечивает дополнительную возможность определить влияние климата на формирование почвенного профиля. Поэтому в работе использовали методологию биоэнергетического подхода (Волобуев, 1974), позволяющего моделировать сценарии климатических воздействий, выраженные в энергетических эквивалентах, на

тренды развития почв во времени. Ранее в развитие этого подхода усовершенствована методика расчета энергетических затрат на почвообразование (Q) в зависимости от климатических факторов (Лисецкий, Чепелев, 2003) и предложена модель зависимости мощности гумусового горизонта от Q и содержания гранулометрической фракции физической глины в почвообразующих породах (Lisetskii, Chepelev, 2014). Расчет величин радиационного баланса, энергетических затрат на почвообразование (Q , МДж/м²), предельной мощности гумусового горизонта почв (H_{lim} , мм) в зависимости от Q и содержания физической глины в почвообразующих породах (РС, %; <0,01 мм) проводили по методикам, предложенным в работах (Лисецкий, Чепелев, 2003; Lisetskii, Chepelev, 2014). Для пространственного моделирования использовали усредненные данные оросительных норм на орошаемых землях, по температуре воздуха (t , °С) и сумме осадков (P , мм) за 1960–2009 гг. по девяти метеостанциям Крыма. Для построения цифровой модели рельефа (рис. 1) и оценки распределения по территории радиационного баланса (R , МДж/м²) использовали радарную топографическую съемку разрешением 30×30 м. Для ситуационного пространственного анализа и моделирования использовали программный продукт ArcGIS 10.1.

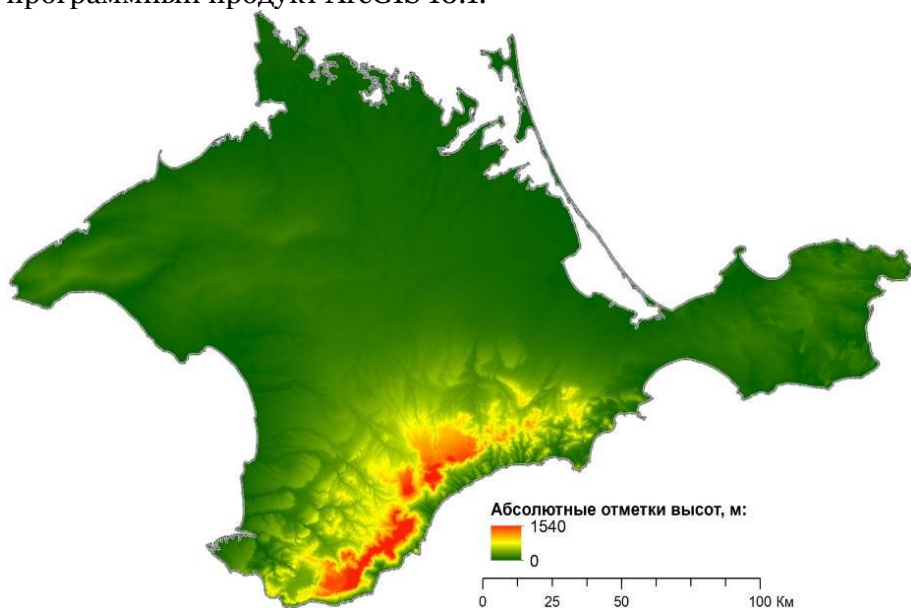


Рис. 1. Рельеф Крымского полуострова

3. Результаты и обсуждение

Известно, что глубина проявления почвообразовательного процесса во многом предопределена особенностями внутригодовой смены гидротермических условий – периода летнего осушения почвы, холодным периодом зимне-весеннего, а в некоторых районах, в частности в горной части Крыма, и осеннего промачивания. Ранее (Лисецкий, Ергина, 2010) уже были представлены первые результаты анализа пространственных закономерностей количественного распределения энергетических затрат на почвообразование на территории Крымского полуострова. В наших исследованиях представлена уточненная пространственная модель распределения энергетических затрат на почвообразование с учетом морфометрических особенностей рельефа (уклоны и экспозиция) и проведен расчет потенциальной предельной мощности гумусового горизонта почв, которая обусловлена климатом. Для этого на первом этапе определили морфометрические особенности рельефа Крыма – крутизну (рис. 2а) и экспозицию (рис. 2б) склонов.

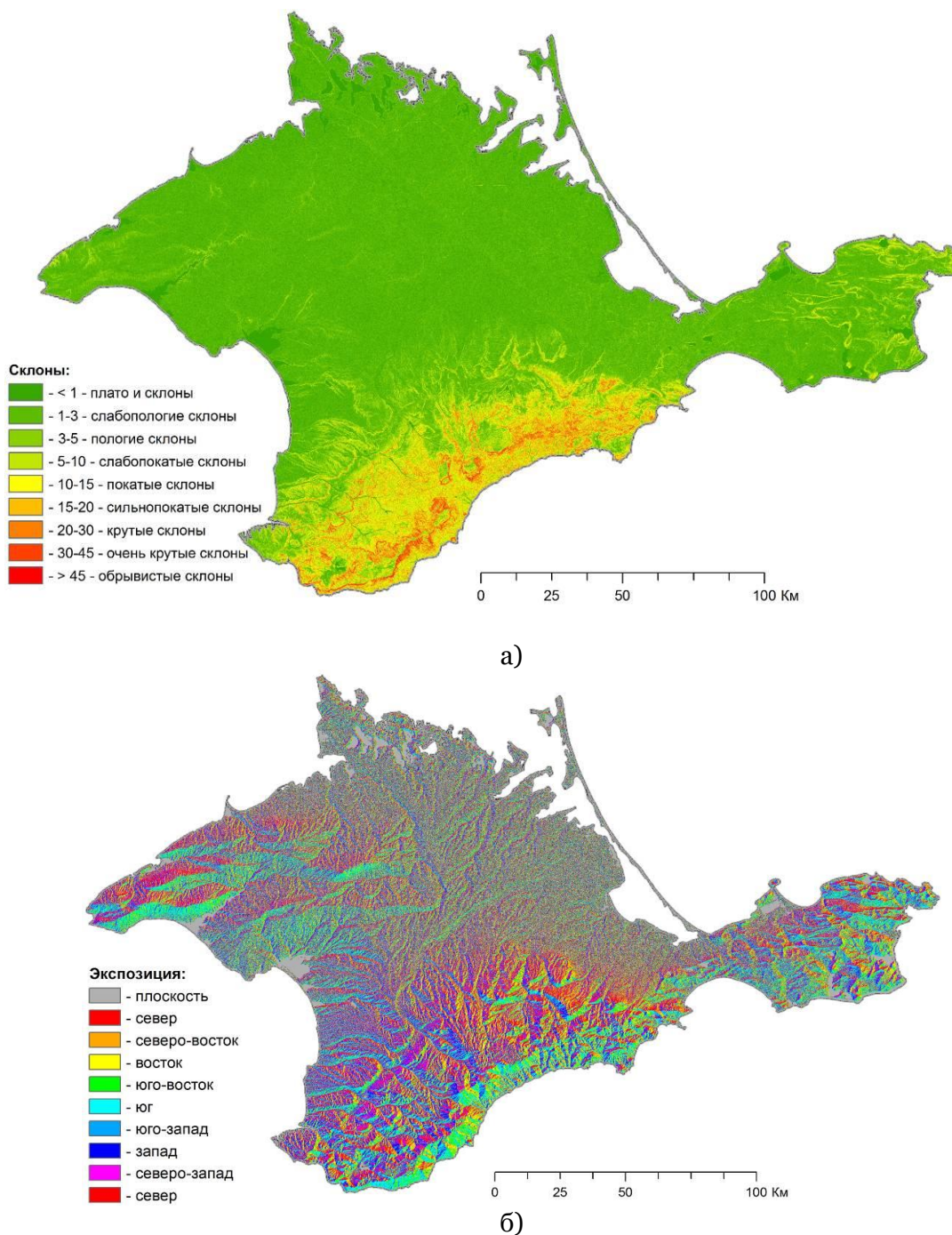


Рис. 2. Пространственная модель распределения склонов по уклонам (а) и экспозиция (б) на территории Крыма

Территории с крутизной склона меньше 3° (табл. 1) составляют $19474,7 \text{ км}^2$ (72,13 % от всей площади Крымского полуострова), причем основная их часть (95 %) занята сельскохозяйственными землями, которые по состоянию на 1 января 2014 г. занимали площадь $18533,0 \text{ км}^2$, в том числе сельскохозяйственные угодья – 17925 км^2 , из них: пашня – 12715 км^2 , пастбища – $4327,2 \text{ км}^2$, сенокосы – 20 км^2 , многолетние насаждения – $757,4 \text{ км}^2$ и залежи – $105,4 \text{ км}^2$. Территории с крутизной склона от 3° до 10° составляют – $4856,9 \text{ км}^2$ (17,99 %), от 10° и более – $2668,4$ (9,88 %). Одним из основных морфометрических показателей склонов является их экспозиция, характеризующая теплообеспеченность за счет солнечной энергии, что влияет на большинство видов хозяйственной деятельности, процессы эрозии и почвообразования. На территории Крыма площади с различной экспозицией склонов достаточно равномерно распределены (10,74–13,25 %) с

незначительным преобладанием площади территории северных склонов (табл. 1). Почвы на склонах южной экспозиции занимают 11,60 % от общей площади Крыма, они подвержены более интенсивному смыву в результате снеготаяния и весенних ливневых дождей.

Таблица 1. Морфометрическая характеристика рельефа Крыма

Крутизна склона			Экспозиция склона		
Градация, °	Площадь, км ²	% к общей площади	Градация	Площадь, км ²	% к общей площади
<1	5865,0	21,72	плато	1301,3	4,82
1–3	13609,7	50,41	север	3577,5	13,25
3–5	2860,9	10,60	северо-восток	3187,7	11,81
5–10	1996,0	7,39	восток	3128,3	11,59
10–15	1175,6	4,35	юго-восток	2899,1	10,74
15–20	740,9	2,74	юг	3133,0	11,60
20–30	595,1	2,20	юго-запад	2963,2	10,97
30–45	145,8	0,54	запад	3370,1	12,48
> 45	11,0	0,04	северо-запад	3439,8	12,74
Площадь	27000	100	–	27000	100

Картина распределения значений годового радиационного баланса (R , МДж/м²) по территории была получена с учетом морфометрических данных рельефа Крыма (рис. 3а). В результате этого определено, что большая часть территории (89,2 %), в т.ч. все сельскохозяйственные угодья, обеспечена величинами радиационного баланса в диапазоне от 2000 до 2200 МДж/м². Основной составляющей энергетических затрат на почвообразование в районах ведения оросительных мелиораций является сумма осадков (P , мм) и ирригационная оросительная норма (IR , мм), которые формируют суммарное водообеспечение ($\Sigma(P+IR)$, мм) (рис. 3б).

По данным (Лисецкий, Ергина, 2010), к районам, где влага может наиболее полно участвовать в процессе почвообразования в виде эффективных осадков, относится предгорная лесостепь и западная часть южнобережного субсредиземноморья (до 82–88 % от годовой суммы осадков). Эффективные осадки соответствуют годовой сумме осадков за исключением той суммы, которая выпадает в среднемноголетнем режиме в жаркий период (со среднесуточной температурой 20 и больше градусов). Рост температуры воздуха и радиационного баланса в сухостепной зоне предполагает увеличение оросительной норм (IR , мм), но повышение количества осадков по тренд-циклическому сценарию обуславливает формирование положительного тренда в изменении энергетических затрат на почвообразование. Это позволило в последние 25 лет сократить энергию оросительной мелиорации в 2,7 раза (Lisetskii, Pichura, 2016). За период 1960–2009 гг. сумма годовых осадков распределялась по территории Крыма от 400 на севере полуострова до 1130 мм на юге (рис. 3б). При этом суммарное водообеспечение ($\Sigma(P+IR)$, мм) на орошаемых землях варьирует в пределах 600–700 мм, что обеспечило увеличение площади с суммарным значением водообеспечения более 600 мм на 12,0 % и повышение энергетических затрат на почвообразование (Q_{P+IR}) в среднем за годовой период на 347 МДж/м² (до 1310 МДж/м²). Средние значения суммарной величины затрат энергии на почвообразование за период 1960–2009 гг. на территории Крыма дифференцированы: на орошаемых землях – 1190–1380 МДж/м², на неорошаемых – 940–1080 МДж/м².

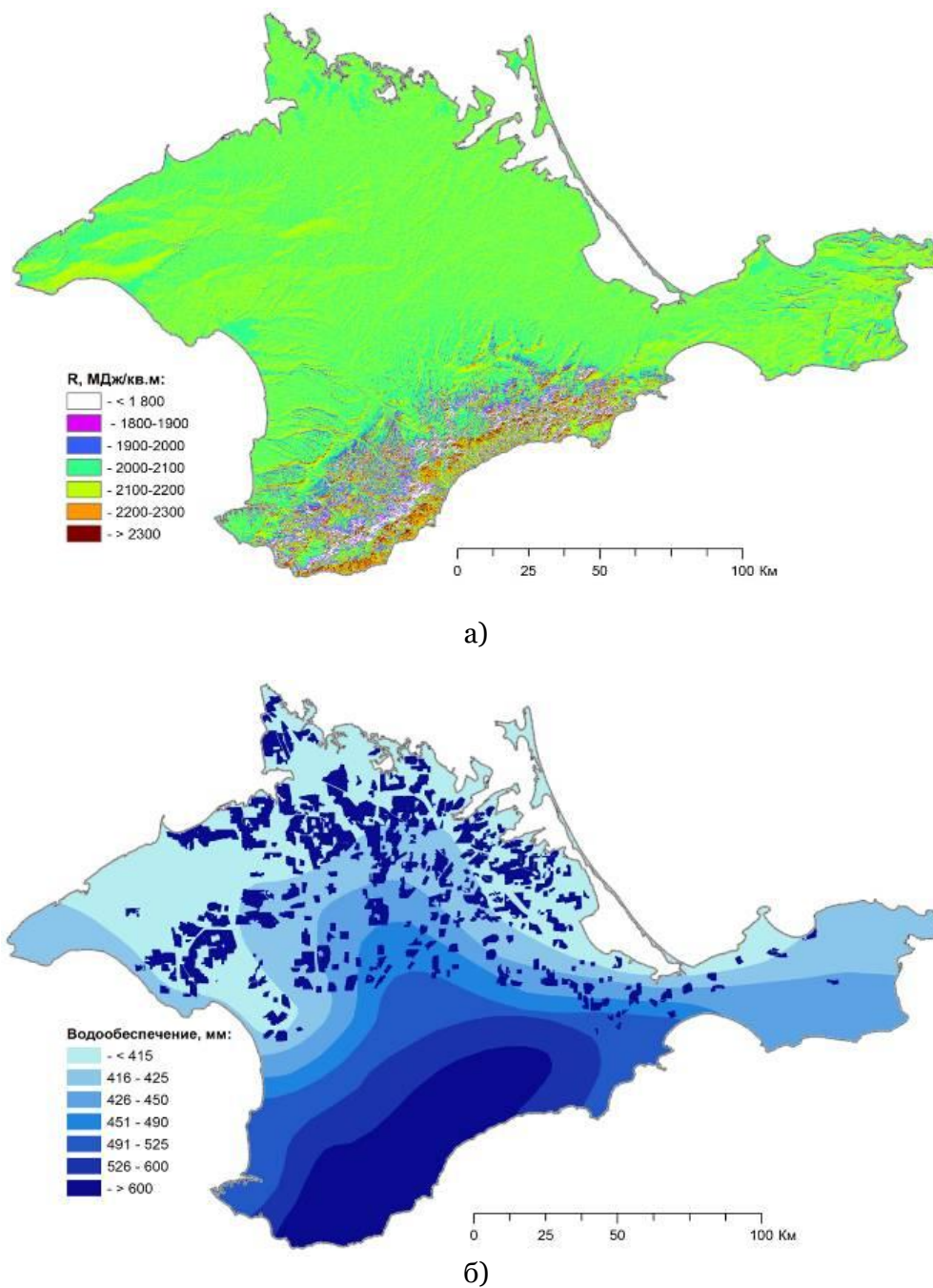


Рис. 3. Климатические составляющие почвообразовательного процесса:
 а) радиационный баланс (R, МДж/м²); б) суммарное водообеспечение (Σ(P+IR), мм – осадки + орошение)

Территориальное распределение величин энергетических затрат на почвообразование (Q) и доли гранулометрической фракции физической глины (< 0,01 мм; PC, %) позволило определить обусловленность закономерностей формирования мощности гумусового горизонта почв (H_{lim} , мм) Крымского полуострова. Для этого использована ранее (Lisetskii, Chepelev, 2014; Lisetskii, Pichura, 2016) установленная зависимость в виде:

$$H_{lim} = \frac{3914.6 \cdot PC^{-0.19}}{1 + e^{(5.346 - 0.00523 \cdot Q)}}$$

В результате расчетов было получено два сценария распределения площадей с различной мощностью гумусового горизонта (табл. 2) – без орошения ($N_{lim(P)}$), которое обусловлено только климатическими условиями, и при орошении ($N_{lim(P+IR)}$), под суммарным воздействием климатически-хозяйственных факторов. Хозяйственное воздействие на сельскохозяйственные угодья выражено в энергетике оросительных мелиораций (Q_{IR}). Ситуационное моделирование показало, что с введением ирригационных мероприятий в Крыму площадь агроландшафтов с потенциальным формированием мощности гумусового профиля больше 1000 мм увеличилась в 450 раз (с 20,4 до 9012,5 км²). Величина предельной мощности гумусового горизонта почв (N_{lim}) колеблется в широких пределах (рис. 4), составляя в среднем на неорошаемых землях $N_{lim(P)}$ – 1015 мм (680–1350 мм), на орошаемых ($N_{lim(P+IR)}$) – 1530 мм (1460–1600 мм). Значительное увеличение N_{lim} на орошаемых землях при сохранении традиционной парадигмы ирригации приводит к повышению движущей силы процесса выщелачивания, переносу органических веществ по профилю в нижние труднодоступные растениям почвенные горизонты и, как следствие, снижению эффективности культуры земледелия и плодородия верхнего слоя почв, в первую очередь, легкого и среднего гранулометрического состава.

Таблица 2. Распределение площади с предельной мощностью гумусового горизонта почв (N_{lim}) Крыма

Значение N_{lim} , мм	Без орошения ($N_{lim(P)}$)		При орошении ($N_{lim(P+IR)}$)		$N_{lim(P+IR)} - N_{lim(P)}$, %
	Площадь, км ²	% к общей площади	Площадь, км ²	% к общей площади	
< 700	2130,5	9,18	1129,3	4,87	-4,3
700–800	11215,4	48,34	8103,0	34,93	-13,4
800–900	3155,1	13,6	2881,9	12,42	-1,2
900–1000	2052,3	8,85	2073,4	8,94	0,1
1000–1100	1614,6	6,96	1877,6	8,09	1,1
1100–1200	1656,2	7,14	1997,2	8,61	1,5
1200–1300	871,4	3,76	1265,6	5,45	1,7
1300–1400	303,3	1,31	815,9	3,52	2,2
1400–1500	160,5	0,69	2037,0	8,78	8,1
> 1500	40,7	0,18	1019,2	4,39	4,2
Площадь	2320	100	27000	100	–

На основных почвах равнинного Крыма, занятых под сельскохозяйственными угодьями, в северо-восточной части полуострова, где преобладают темно-каштановые почвы, величина N_{lim} может достигать в пределе на неорошаемых землях 680–760 мм, на орошаемых – 1460–1570 мм; в зоне южных черноземов – соответственно 710–1020 и 1420–1550 мм, в зоне распространения черноземах остаточно-карбонатных – 700–1340 и 1490–1600 мм.

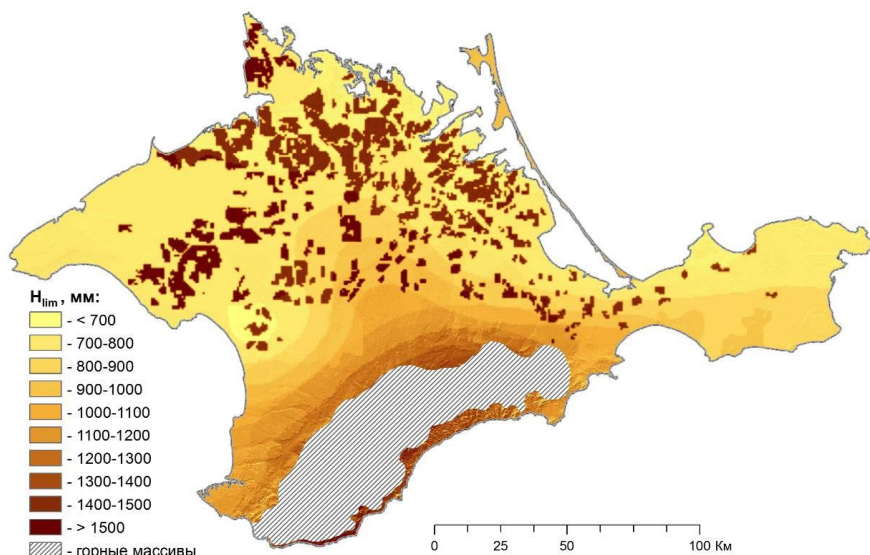


Рис. 4. Распределение расчетной за период 1960–2009 гг. величины предельной мощности гумусового горизонта почв (H_{lim} , мм) в пределах орошаемых и неорошаемых агроландшафтов Крыма

Согласно моделям пространственного распределения величин Q и H_{lim} , наиболее благоприятные условия для реализации почвообразовательного процесса создаются в зоне южных и остаточно-карбонатных черноземов. Но наряду с высокой сельскохозяйственной освоенностью территории Крыма, распаханность земель превышает 70 % при отклонениях по хозяйствам в пределах 50–90 %, на больших территориях наблюдается развитие вторичных деградационных процессов, таких как, дефляция, водная эрозия, дегумификация, загрязнение балластными компонентами удобрений, остаточными количествами ядохимикатов и прочее. География природных (первичных) и природно-антропогенных (вторичных) негативных процессов представлена на [рис. 5](#).

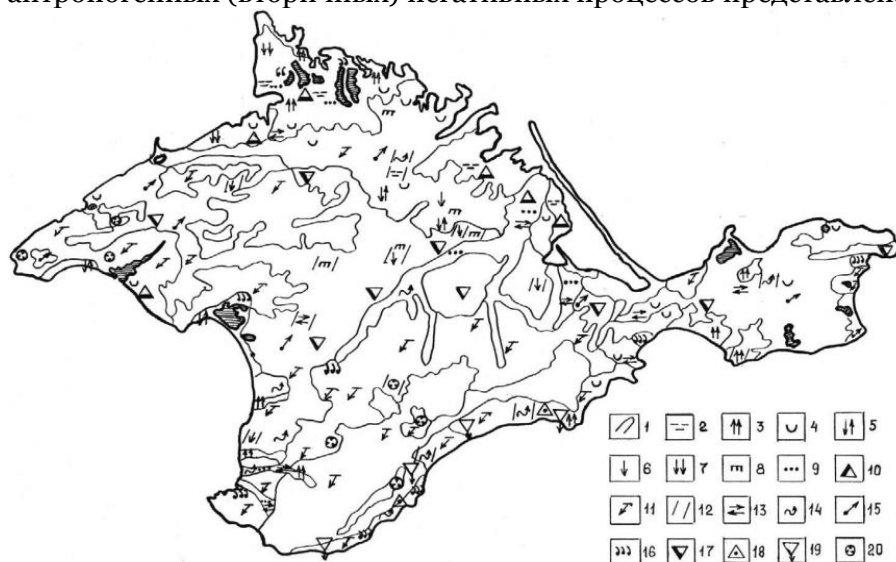


Рис. 5. География негативных процессов в почвенном покрове Крыма ([Драган, 2005](#)): 1 – границы почвенных ареалов; негативные почвенные процессы: 2 – подтопление; 3 – вторичное засоление; 4 – осолонцевание; 5 – содопроявление; 6 – вынос водорастворимых соединений при орошении; 7 – осолодение; 8 – коркообразование; 9 – кольматаж; 10 – оглеение; 11 – эрозия; 12 – локальное проявление процесса; 13 – слитизация; 14 – нарушение профиля почв; 15 – дефляция; 16 – химическое загрязнение; 17 – дегумификация; 18 – погребение почв селями; 19 – оползни; 20 – вторичный карст.

Распашка земель способствовала проявлению дефляционных и эрозионных процессов. Дефляция охватывает почти половину (49 %) пахотных земель Крымского полуострова. Антропогенная деградация почвенного покрова свойственна далеко не только лишь почвам Крыма (Zinchenkou et al., 2013).

4. Заключение

Территориальное распределение величин климатически-хозяйственных энергетических затрат на почвообразование позволило определить природно-антропогенную обусловленность формирования предельной мощности гумусового горизонта почв на территории Крыма. По усредненным климатическим данным, а также на основании учета площади орошаемых земель за период 1960–2009 гг., была определена вариация формирования гумусового предельной мощности гумусового горизонта в пределах 680–1600 мм: на неорошаемых землях – 680–1350 мм, орошаемых – 1460–1600 мм. На основных почвах равнинного Крыма, занятых сельскохозяйственными угодьями, мощность гумусового горизонта увеличивается с северо-востока на юго-запад в 1,4 раза на неорошаемых землях и на орошаемых – в 1,02 раза. В зоне экстенсивное ведение хозяйственной деятельности без внедрения рациональных научно-обоснованных почвоводоохранных мероприятий зачастую приводит к широкомасштабному проявлению дефляционных и эрозионных процессов. В то же время происходит значительный непроизводительный расход влаги из почвы на испарение и избыточную транспирацию при высокой влажности почвы, что в зоне оросительных мелиораций при близком уровне залегания минерализованных грунтовых вод, нарушении эксплуатации ирригационных и дренажных систем приводит к значительному повышению риска проявлений процессов вторичного засоления, осолонцевания и слитизации почв. Характерно, что среднее значение суммарной величины затрат энергии на почвообразование за период 1960–2009 гг. на территории Крыма больше на орошаемых землях – 1190–1380 МДж/м², чем на неорошаемых – 940–1080 МДж/м². Представленный подход и результаты геомоделирования распределения климатически-хозяйственной энергии на почвообразование в степных и сухостепных агроландшафтах обеспечивает возможность дифференцировано управлять ирригационными процессами для оптимизации рационального использования воды в почве и повышения противоэрозионной устойчивости агроландшафтов. Развитие комплекса деградационных процессов в почвах Крыма, выявленное в процессе исследований *in situ* и геомоделирования свидетельствует о том, что природно-территориальные комплексы Крыма пребывают в состоянии стагнации, неприемлемой с точки зрения развития идей природоподобия технологий биосферы, биосферологии, здоровья почвы (Semenov, Sokolov, 2016).

Конструирование принципиально новых почв с развитой дисперсностью внутреннего слоя даст возможность синтезировать приоритетную для развития корневой системы структуру почвы. Это позволит снизить суммарную величину затрат энергии на почвообразование, обеспечить устойчивый вектор эволюции высокоплодородной почвы (Калиниченко и др., 2014; Kalinitchenko et al., 2016).

Вместо стандартной парадигмы ирригации, результаты применения которой во всем мире следует признать неудовлетворительными (Yuan et al., 2014; Wood, 2014; Devineni et al., 2015; Wu et al., 2013; Molle et al., 2012; Воеводина, 2011), необходимо резкое сокращение водопотребления, исключение режима просачивания воды внутрь, тем более, сквозь почву, уменьшение потерь воды, сокращение ирригационной деградации почв. Актуальна стабилизация геохимических барьеров в почве и зоне аэрации (Batukaev et al., 2016). Это позволяет преодолеть импульсная внутрипочвенная континуально-дискретная парадигма ирригации и соответствующий способ увлажнения почвы (Калиниченко и др., 2014).

В процессе конструирования и эксплуатации новых почв необходим расширенный дисперсный возврат вещества внутрь дисперсной системы почвы в процессе внутрипочвенной механической обработки и внутрипочвенного импульсного увлажнения, в том числе рециклинг отходов, что обеспечит оптимизацию геохимического цикла вещества и его расширенное использование для прироста производства свежего биологического вещества агрофитоценозов и почвы (Starcev, Kalinichenko, 2015; Kalinitchenko, 2016).

Для адекватного свойствам агроландшафтов Крымского полуострова, его климату и хозяйственной деятельности (в том числе, ирригационной нагрузке), сложившемуся пространственному распределению энергетических затрат на почвообразование и формирование мощности гумусового горизонта, управлению геологическим и биологическим круговоротом вещества и энергии, почвообразовательным процессом необходимо применять методы биogeосистемотехники (Калиниченко, 2012).

5. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-50018_мол_нр.

Литература

Воеводина, 2011 – Воеводина Л.А. Влияние переполивов при капельном орошении на мелиоративное состояние земель. // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / Под ред. В.Н. Щедрина. Новочеркасск: Геликон, Вып. 45. 2011. С. 49–56.

Волобуев, 1974 – Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 126 с.

Докучаев, 1936 – Докучаев В.В. Русский чернозем / Отчет вольному экономическому обществу. М.–Л.: Полиграфкнига, 1936. 550 с.

Драган, 2005 – Драган Н.А. Эволюция почвенного покрова Крыма как результат экогеодинамических процессов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2005. Вып. 1. С. 59–71.

Калиниченко, 2012 – Калиниченко В.П. Биogeосистемотехника как гносеологическая основа управления экосистемами // Живые и биокосные системы. Декабрь 2012. Вып. 1. <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3>.

Калиниченко и др., 2014 – Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Миронченко С.Ф., Черненко В.В., Ладан Е.П., Генов Е.Д., Илларионов В.В., Удалов А.В., Удалов В.В., Киппель Е.В. Изменение свойств почв солонцового комплекса через 30 лет после мелиоративных обработок // Почвоведение, 2014, №4, С. 490–506. DOI: 10.7868/S0032180X14040029.

Калиниченко и др., 2014а – Калиниченко В.П., Ендовицкий А.П., Минкина Т.М., Скуратов Н.С., Ильин В.Б., Ким В.Ч.Д. Управление геохимическими процессами в орошаемых почвах на технологической платформе ноосферы // Природообустройство, 2014, № 3, С. 6–11.

Костычев, 1949 – Костычев П.А. Почвы чернозёмной области России: их происхождение, состав и свойства. М.: Сельхозгиз, 1949. 239 с.

Кузьменко, 2012 – Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Пичура В.И. Оценка и прогнозирование стока малых рек в условиях антропогенных воздействий и изменений климата // Современные проблемы науки и образования, 2012, № 6, С. 1–9.

Лисецкий, 2013 – Лисецкий Ф.Н., Столба В.Ф., Пичура В.И. Периодичность климатических, гидрологических процессов и озерного осадконакопления на юге Восточно-Европейской равнины // Проблемы региональной экологии. М., 2013. № 4. С. 19–25.

Лисецкий, Ергина, 2010 – Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // Почвоведение. 2010, № 6, С. 643–657.

Лисецкий, Чепелев, 2003 – Лисецкий Ф.Н., Чепелев О.А. Климатическая обусловленность почвообразования в Центральном Черноземье // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: география и геоэкология, 2003, № 2, С. 15–23.

Пичура, 2014 – Пичура В.И., Лисецкий Ф.Н., Павлюк Я.В. Вековое изменение устойчивости агроландшафтов в зоне оросительных мелиораций сухостепной зоны (на примере юга Херсонской области) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2014. Т. 28. № 17 (188). С. 140–147.

Семиохин и др., 1995 – Семиохин И.А., Страхов В.Б., Осипов А.И. Кинетика химической реакции: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1995. 351 с.

[Aziz, 2014](#) – Aziz K., Rahman A., Fang G., et al. (2014). Application of artificial neural networks in regional flood frequency analysis: a case study for Australia. *Stoch Environ Res Risk Assess.* Vol. 28. pp. 541–554. DOI 10.1007/s00477-013-0771-5.

[Batukaev et al., 2016](#) – Batukaev A.A., A.P. Endovitsky, A.G. Andreev, V.P. Kalinichenko, T.M. Minkina, Z.S. Dikaev, S.S. Mandzhieva, and S.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.* N 7. Is. 2. pp. 415–423, DOI:10.5194/se-7-415-2016.

[Dawson, 2001](#) – Dawson C.W. and Wilby R.L. (2001). Hydrological modelling using artificial neural networks. Hydrological modelling using artificial neural networks. *Progress in Physical Geography.* Vol. 25. N 1. pp. 80–108.

[Devineni et al., 2015](#) – Devineni N, U Lall, E Etienne, D Shi, C Xi. America's water risk: Current demand and climate variability. *Geophysical Research Letters*, 2015. Vol. 42. Is. 7. pp. 2285–2293.

[Ji et al., 2013](#) – Ji Z., Li N., Xie W., et al. (2013). Comprehensive assessment of flood risk using the classification and regression tree method. *Stoch Environ Res Risk Assess.* N 27. pp. 1815–1828.

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

[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. EGU General Assembly. Vienna, *Geophysical Research Abstracts.* Vol. 18, EGU2016–3419, 2016.

[Kim et al., 2014](#) – Kim S., Kim B., Jun H., et al. (2014). Assessment of future water resources and water scarcity considering the factors of climate change and social–environmental change in Han River basin, Korea. *Stoch Environ Res Risk Assess.* N 28. pp. 1999–2014.

[Lisetskii et al., 2014](#) – Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A., Pichura V.I. (2014). Basin organization of nature management for solving hydroecological problems. *Russian Meteorology and Hydrology.* 2014. V. 39. N 8. pp. 550–557. DOI: 10.3103/S106837391408007X.

[Lisetskii, Chepelev, 2014](#) – Lisetskii F., Chepelev O. (2014). Quantitative substantiation of pedogenesis model key components. *Advances in Environmental Biology.* V. 8. N^o 4. pp. 996–1000.

[Lisetskii, Pichura, 2016](#) – Lisetskii F., Pichura V. (2016). Steppe ecosystem functioning of east european plain under age-long climatic change influence. *Indian Journal of Science and Technology.* Vol. 9 (18). pp. 1–9.

[Lisetskii, Pichura, 2016a](#) – Lisetskii F.N., Pichura V.I. (2016). Assessment and forecast of soil formation under irrigation in the steppe zone of Ukraine. *Russian Agricultural Sciences.* N^o 2. pp. 154–158.

[Molle et al., 2012](#) – Molle B., Tomas S., Hendawi M. and Granier J. (2012). Evaporation and wind drift losses during sprinkler irrigation influenced by droplet size distribution. *Irrigation and Drainage.* Vol. 61. Is. 3. pp. 240–250.

[Okolelova et al., 2015](#) – Okolelova A.A., Rachimova N.A., Egorova G.S., Kasterina N.G., Zaikina V.N. (2015). Influence of Hydrogels on Productivity of Light-brown Soils. *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (2). Is. 2. pp. 117–135. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.117.

[Pichura, 2015](#) – Pichura V.I., Pilipenko Yu.V., Lisetskiy F.N., Dovbysh O.E. (2015). Forecasting of Hydrochemical Regime of the Lower Dnieper Section using Neurotechnologies. *Hydrobiological Journal.* Vol. 51. N 3. pp. 100–110.

[Rasmussen, Tabor, 2007](#) – Rasmussen, C., Tabor N. J. (2007). Applying a quantitative pedogenic energy model across a range of environmental gradients. *Soil Science Society of America Journal.* Vol. 71. N 6. pp. 1719–1729.

[Semenov, Sokolov, 2016](#) – Semenov A., Sokolov MS (2016). The concept of soil health: fundamental and applied aspects of the evaluation criteria. *Agrochemistry.* N 1. pp. 3–16.

[Sokolov, Glazko, 2015](#) – Sokolov M.S., Glazko V.I. (2015). The Discoverer of the Law "of Diminishing Returns", the Doctrine of Self-regulation and Self-development of Healthy Soil. *International Journal of Environmental Problems.* Vol. (2). Is. 2. pp. 78–96. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.78.

Starcev, Kalinichenko, 2015 – Starcev V.F., Kalinichenko V.P. (2015). Utilization of Biological Waste by Biogeosystem Technics Method. *International Journal of Environmental Problems*. Vol. (2). Is. 2. pp. 166–182. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.166.

Wood, 2014 – Wood Eric F. (2014). The Challenges of Developing a Framework for Global Water Cycle Monitoring and Predicting. *Alfred Wegener Medal Lecture. EGU General Assembly 2014*. Wednesday, 30, April.

Wu et al., 2013 – Wu ZD, Lall U, Zhao M (2013). A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 275. pp. 2718–2722.

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

Zinchenkou et al., 2013 – Zinchenkou V.E., Lokhmanova O.I., Kalinichenko V.P., Glukhov A.I., Povkh V.I., Shljakhova L.A. (2013). Space monitoring of agricultural lands in southern Russia. *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*. Vol. 49. Is. 9. pp. 1036–1046. DOI: 10.1134/S0001433813090168.

References

Voevodina, 2011 – Voevodina L.A. (2011). Vliyanie perepolivov pri kapel'nom oroshenii na meliorativnoe sostoyanie zemel' [Effect of excessive watering under the drip irrigation on the soil melioration conditions]. // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sb. st. FGNU «RosNIIPM» / Pod red. V. N. Shchedrina. Novocherkassk: Gelikon, Vyp. 45. S. 49–56.

Volobuev, 1974 – Volobuev V.R. (1974). Vvedenie v energetiku pochvoobrazovaniya [Introduction to Energetics of Soil Formation]. M.: Nauka, 126 s.

Dokuchaev, 1936 – Dokuchaev V.V. (1936). Russkii chernozem / Otchet vol'nomu ekonomicheskomu obshchestvu [Russian black earth / Report to Free Economic Society]. M.–L.: Poligrafkniga, 550 s.

Dragan, 2005 – Dragan N.A. (2005). Evolyutsiya pochvennogo pokrova Kryma kak rezul'tat ekogeodinamicheskikh protsessov [Evolution of the soil cover of Crimea as a result of ecogeodynamic processes] // *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. Vyp. 1. S. 59–71.

Kalinichenko, 2012 – Kalinichenko V.P. (2012). Biogeosistemotekhnika kak gnoseologicheskaya osnova upravleniya ekosistemami [Biogeosystem technique as an epistemological framework for ecosystems managing]. *Zhivye i biokosnye sistemy*. Vyp. 1. <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3>.

Kalinichenko i dr., 2014 – Kalinichenko V.P., Sharshak V.K., Mironchenko S.F., Chernenko V.V., Ladan E.P., Genev E.D., Illarionov V.V., Udalov A.V., Udalov V.V., Kippel' E.V. (2014). Izmenenie svoystv pochv solontsovogo kompleksa cherez 30 let posle meliorativnykh obrabotok [Changes in the properties of soils in a solonetz soil complex thirty years after reclamation]. *Pochvovedenie*. №4. S. 490–506. DOI: 10.7868/S0032180X14040029.

Kalinichenko i dr., 2014a – Kalinichenko V.P., Endovitskii A.P., Minkina T.M., Skuratov N.S., Il'in V.B., Kim V.Ch.D (2014). Upravlenie geokhimicheskimi protsessami v oroshaemykh pochvakh na tekhnologicheskoi platforme noosfery [Management of geochemical processes in irrigated soils on the technology platform of the noosphere]. *Prirodoobustroistvo*. № 3. S. 6–11.

Kostychev, 1949 – Kostychev P.A. (1949). Pochvy chernozemnoi oblasti Rossii: ikh proiskhozhdenie, sostav i svoystva [Soils of the black earth region of Russia: their origin, composition and properties]. M.: Sel'khozgiz, 239 s.

Kuz'menko, 2012 – Kuz'menko Ya.V., Lisetskii F.N., Pichura V.I. (2012). Otsenka i prognozirovaniye stoka malykh rek v usloviyakh antropogennykh vozdeystvii i izmenenii klimata [Assessing and forecasting the runoff of small rivers under the conditions of anthropogenic impacts and climate change]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. № 6. S. 1–9.

Lisetskii, 2013 – Lisetskii F.N., Stolba V.F., Pichura V.I. (2013). Periodichnost' klimaticheskikh, gidrologicheskikh protsessov i ozernogo osadkonakopleniya na yuge Vostochno-Evropeiskoi ravniny [Frequency of climatic, hydrological processes and lake sedimentation in the south of the East European Plain]. *Problemy regional'noi ekologii*. № 4. S. 19–25.

Lisetskii, Ergina, 2010 – Lisetskii F.N., Ergina E.I. (2010). Razvitie pochv Krymskogo poluostrova v pozdnem golotsene [Soil development on the Crimean peninsula in the Late Holocene]. *Pochvovedenie*. № 6. S. 643–657.

Lisetskii, Chepelev, 2003 – Lisetskii F.N., Chepelev O.A. (2003). Klimaticheskaya obuslovlennost' pochvoobrazovaniya v Tsentral'nom Chernozem'e [Climatic conditionality of soil formation in the Central Black Earth Zone]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: geografiya i geoekologiya*. № 2. S. 15–23.

Pichura, 2014 – Pichura V.I., Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V. (2014). Vekovoe izmenenie ustoichivosti agrolandshtaftov v zone orositel'nykh melioratsii sukhostepnoi zony (na primere yuga Khersonskoi oblasti) [Secular changes in agricultural landscapes stability in the area of irrigation reclamation of the dry steppe zone (by the example of the south of the Kherson region)]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. T. 28. № 17 (188). S. 140–147.

Semiokhin i dr., 1995 – Semiokhin I.A., Strakhov V.B., Osipov A.I. (1995). Kinetika khimicheskoi reaktsii [Kinetics of chemical reactions: Training manual]: Ucheb. posobie. M.: Izd-vo MGU, 351 s.

Aziz, 2014 – Aziz K., Rahman A., Fang G., et al. (2014). Application of artificial neural networks in regional flood frequency analysis: a case study for Australia. *Stoch Environ Res Risk Assess*. Vol. 28. pp. 541–554. DOI:10.1007/s00477-013-0771-5.

Batukaev et al., 2016 – Batukaev A.A., A.P. Endovitsky, A.G. Andreev, V.P. Kalinichenko, T.M. Minkina, Z.S. Dikaev, S.S. Mandzhieva, and S.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*. N 7. Is. 2. pp. 415–423, DOI:10.5194/se-7-415-2016.

Dawson, 2001 – Dawson C.W. and Wilby R.L. (2001). Hydrological modelling using artificial neural networks. *Progress in Physical Geography*. Vol. 25. N 1. pp. 80–108.

Devineni et al., 2015 – Devineni N, Lall U, Etienne E, Shi D, Xi C. (2015). America's water risk: Current demand and climate variability. *Geophysical Research Letters*, Vol. 42. Is. 7. pp. 2285–2293.

Ji et al., 2013 – Ji Z., Li N., Xie W., et al. (2013). Comprehensive assessment of flood risk using the classification and regression tree method. *Stoch Environ Res Risk Assess*. N 27. pp. 1815–1828.

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

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. *EGU General Assembly. Vienna, 2016. Geophysical Research Abstracts*. Vol. 18, EGU2016–3419.

Kim et al., 2014 – Kim S., Kim B., Jun H., et al. (2014). Assessment of future water resources and water scarcity considering the factors of climate change and social–environmental change in Han River basin, Korea. *Stoch Environ Res Risk Assess*. N 28. pp. 1999–2014.

Lisetskii et al., 2014 – Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A., Pichura V.I. (2014). Basin organization of nature management for solving hydroecological problems. *Russian Meteorology and Hydrology*. V. 39. N 8. pp. 550–557. DOI: 10.3103/S106837391408007X.

Lisetskii, Chepelev, 2014 – Lisetskii F., Chepelev O. (2014). Quantitative substantiation of pedogenesis model key components. *Advances in Environmental Biology*. V. 8. № 4. pp. 996–1000.

Lisetskii, Pichura, 2016 – Lisetskii F., Pichura V. (2016). Steppe ecosystem functioning of east european plain under age-long climatic change influence. *Indian Journal of Science and Technology*. Vol. 9 (18). pp. 1–9.

Lisetskii, Pichura, 2016a – Lisetskii F.N., Pichura V.I. (2016). Assessment and forecast of soil formation under irrigation in the steppe zone of Ukraine. *Russian Agricultural Sciences*. № 2. pp. 154–158.

Molle et al., 2012 – Molle B., Tomas S., Hendawi M. and Granier J. (2012). Evaporation and wind drift losses during sprinkler irrigation influenced by droplet size distribution. *Irrigation and Drainage*. Vol. 61. Is. 3. pp. 240–250.

Okolelova et al., 2015 – Okolelova A.A., Rachimova N.A., Egorova G.S., Kasterina N.G., Zaikina V.N. (2015). Influence of Hydrogels on Productivity of Light-brown Soils. *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (2). Is. 2. pp. 117–135. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.117.

Pichura, 2015 – Pichura V.I., Pilipenko Yu.V., Lisetskiy F.N., Dovbysh O.E. (2015). Forecasting of Hydrochemical Regime of the Lower Dnieper Section using Neurotechnologies. *Hydrobiological Journal*. Vol. 51. N 3. pp. 100–110.

Rasmussen, Tabor, 2007 – Rasmussen C., Tabor N.J. (2007). Applying a quantitative pedogenic energy model across a range of environmental gradients. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 71. N 6. pp. 1719–1729.

Semenov, Sokolov, 2016 – Semenov A., Sokolov M.S. (2016). The concept of soil health: fundamental and applied aspects of the evaluation criteria. *Agrochemistry*. N 1. pp. 3–16.

Sokolov, Glazko, 2015 – Sokolov M.S., Glazko V.I. (2015). The Discoverer of the Law "of Diminishing Returns", the Doctrine of Self-regulation and Self-development of Healthy Soil. *International Journal of Environmental Problems*. Vol. (2). Is. 2. pp. 78–96. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.78.

Starcev, Kalinichenko, 2015 – Starcev V.F., Kalinichenko V.P. (2015). Utilization of Biological Waste by Biogeosystem Technics Method. *International Journal of Environmental Problems*. Vol. (2). Is. 2. pp. 166–182. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.166.

Wood, 2014 – Wood Eric F. (2014). The Challenges of Developing a Framework for Global Water Cycle Monitoring and Predicting. *Alfred Wegener Medal Lecture*. EGU General Assembly 2014. Wednesday, 30, April.

Wu et al., 2013 – Wu ZD, Lall U, Zhao M. (2013). A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 275. pp. 2718–2722.

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.

Zinchenkou et al., 2013 – Zinchenkou V.E., Lokhmanova O.I., Kalinichenko V.P., Glukhov A.I., Povkh V.I., Shljakhova L.A. (2013). Space monitoring of agricultural lands in southern Russia. *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*. Vol. 49. Is. 9. pp. 1036–1046. DOI: 10.1134/S0001433813090168.

УДК 631.481

Геомоделирование пространственного распределения затрат климатически-хозяйственной энергии на почвообразование в агроландшафтах Крымского полуострова

Виталий Петрович Нестеренко ^{a, *}, Денис Сергеевич Бреус ^a

^a Херсонский государственный аграрный университет, Украина

Аннотация. Представлены результаты ситуационного моделирования пространственного распределения климатически-хозяйственной энергии на почвообразование с учетом морфометрических особенностей рельефа и оценки расчетных значений предельной мощности гумусового горизонта почв в агроландшафтах Крыма для периода 1960–2009 гг. Среднее значение суммарной величины затрат энергии на почвообразование на территории полуострова дифференцировано: на орошаемых землях – 1190–1380 МДж/м², богарных – 940–1080 МДж/м². Ситуационное моделирование показало, что с введением ирригационных мероприятий в Крыму площадь агроландшафтов с потенциалом формирования мощности гумусового профиля больше 1000 мм увеличилась на 18,8%. Величина мощности гумусового горизонта почв при полной реализации

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: vitalynesterenko88@gmail.com (В.П. Нестеренко), brabus73034@rambler.ru (Д.С. Бреус)

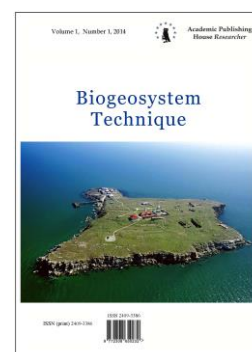
энергопотенциала может колебаться в широких пределах и в среднем составлять на богарных землях 1015 мм (680–1350 мм), на орошаемых – 1530 мм (1460–1600 мм). Воздействие природных факторов почвообразования в современных условиях экстенсивного ведения хозяйственной деятельности в большинстве случаев сопровождается широкомасштабным проявлением дефляционных и эрозионных процессов в агроландшафтах. В связи с этим стабилизация почвенно-деградационных процессов может быть обеспечена путем внедрения рациональных научно-обоснованных почвоводоохранных мероприятий.

Ключевые слова: климат, оросительные мелиорации, энергетика, почвообразование, геомоделирование, Крым.

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. 8, Is. 2, pp. 175-191, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.8.175
www.ejournal19.com



UDC 633.844:631.5:631.95 (477.7)

Phytosanitary and phytoreclamation properties of mustard as factor of stabilizing of the ecological state of agrocoenoses of South Steppe of Ukraine

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

Abstract

The article presents the results of years of research of phytosanitary and phytoreclamation properties of different types of mustard (grey, white and black) in the context of their positive impact on water-physical characteristics of soils in the zone of cultivation, the development of the ecological balance of agro-landscapes, the degree of occupation of agrophytocenoses weeds, pests and pathogens, yield the most characteristic areas of cultivation of field crops.

The conclusion about the positive impact of the introduction of the culture of mustard in crop rotations in the southern Steppe of Ukraine, primarily through optimization of reclamation and the phytosanitary state of agrocoenoses, which is confirmed by experimental results (permeability to water of solum of livery soil rose on 43,7–59,1 %, the substantial is marked declines of level of staggered of agrocoenoses of the winter wheat sown after mustard, by illnesses on 17,6–42,1 %, populated by wreckers on 2,1–8,4 pcs/m², by weeds – on 2,2–3,8 pcs/m²).

The analysis of experimental data testifies to possibility of estimation of types of mustard as excellent predecessors for absolute majority of cultures characteristic for the crop rotations of South of Ukraine (except for the representatives of family of Brassicacea) – on the average for years realization of researches, productivity of the field cultures sown after mustard, 108,3–124,7 % made from the middle productivity on the farm.

It is also proven the real possibility of obtaining in non-irrigated conditions the yield of certified seeds of mustard at the level of 0,9–1,3 t/ha with quality indicators that meet the requirements to food raw materials use. Also experimentally proved the use of culture as an excellent honey plant, capable of providing charges from 1 ha of sowing to production of 1,15 ton of honey.

Keywords: types of mustard, agrophytocenosis, predecessor, phytoreclamation and phytosanitary properties, the population of weeds and pests, crop rotation, yield, seed quality, productivity of honey.

1. Введение

Объективные реалии общественно-политического и экономического состояния в государстве, недостаточно отработанные механизмы аренды земли и налогообложения обуславливают большинство субъектов агробизнеса получать от земельного участка

* Corresponding author

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

максимально быстрый экономический эффект. Учитывая вышесказанное, нами рассматривается в качестве альтернативного мероприятия – увеличение посевных площадей культур, которые бы одновременно с высокой экономической эффективностью выращивания, лояльностью к почве, отличными качествами предшественника для большинства типичных для зоны культур, не потребовали бы радикального и коренного пересмотра технологий выращивания, машинно-тракторного парка, системы послеуборочной доработки и хранения (Ясиновский, 2006; Kroschewski, 1980; Beese, 1989; Бородычев и др., 2011). Это позволит определенным образом нормализовать ситуацию на рынке масличного сырья, нивелировать чрезмерные искажения в системе севооборотов Юга Украины, смягчить кризисное состояние, вызванное очевидной нехваткой оптимальных предшественников для ведущей культуры зоны, формирующей продовольственную безопасность государства, – озимой пшеницы.

В свете вышесказанного, очевидную актуальность и своевременность, на наш взгляд, приобретает на сегодня более активное включение в полевые севообороты Юга Украины разных видов горчицы: сарептской (сизой), белой и черной. И если первые два вида для степной зоны не являются абсолютно новыми культурами, и в отдельных хозяйствах уже имеется определенный опыт их выращивания, то горчица черная только начинает завоевывать своих поклонников среди производителей. Анализ выращивания указанных культур в государстве свидетельствует о неоднозначном отношении к ним со стороны практиков, что, кстати, отчетливо иллюстрируется посевными площадями, которые колеблются из года в год в пределах 42–145 тыс. га. Причины такого колебания популярности культуры горчицы в Украине, по нашему мнению, следует рассматривать, во-первых, в агробиологическом контексте (нехватка в производстве сортов с достаточным уровнем адаптивных признаков по отношению к комплексу абиотических и биотических неблагоприятных факторов окружающей среды), а, во-вторых, в агротехнологическом контексте (абсолютное большинство сельхозтоваропроизводителей в лучшем случае пользуются устаревшими технологиями выращивания горчицы, разработанными во времена, когда культура выращивалась в значительно больших масштабах, в худшем – берут отдельные технологические приемы из зональных технологий выращивания родственных культур, прежде всего – озимого рапса) (Самойленко, 2012; Teuteberg, 1981). Указанная неопределенность в вопросе агроэкологического обоснования и технологического обеспечения выращивания стабильных урожаев горчичных семян обуславливает некоторое предубеждение в отношении к ней производителей, очень часто даже тех из них, кто стремится улучшить ситуацию с экологическим состоянием агроландшафтов, и одновременно очерчивает необходимость в разработке и внедрении в производство современных, адаптированных к агроклиматическим, экологическим и производственным условиям региона, ориентированных на особенности современного отечественного сортового состава технологий выращивания, способных обеспечить получение стабильных урожаев горчичных семян с показателями качества, которые бы удовлетворяли требования пищевой и перерабатывающей промышленности (Rollier, 1981: 292; Мамырко, 2009).

2. Материалы и методы

Экспериментальная часть исследования выполнена путем проведения полевых, лабораторных и вегетационных одно- и многофакторных опытов, в которых первым фактором (фактор А) был вид горчицы: сарептская яровая, сарептская озимая, белая и черная; вторым и третьим (В и С) – элементы технологий выращивания культур. Повторность во всех опытах четырехкратная, размещение делянок, в зависимости от опыта, рендомизированное, с частичной рендомизацией, расщепленными участками или блоками. Посевная площадь делянки I порядка 180–360 м², учетная 100–200 м². Сбор урожая проводили однофазным способом при полной спелости семян зерноуборочным комбайном, результаты учета урожая доводили до стандарта (10 % влажности и 100 % чистоты).

В работе были использованы следующие методы: исторический – для ретроспективного обобщения практики выращивания видов горчицы в Украине и за рубежом, разработок отечественных и зарубежных авторов в вопросе научного обоснования и практического обеспечения технологий выращивания горчицы; полевой кратковременный одно, двух и трехфакторный опыт – для определения урожайности, обеспечения биометрических

наблюдений и сопутствующих исследований; лабораторный – с целью установления качественных параметров горчичных семян, их посевных кондиций, анализа отдельных сопутствующих данных; расчетный – для установления истинных критериев норм высева и доз пестицидов, при оценке экономической и биоэнергетической эффективности элементов зональных технологий; 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 видов горчицы, изучении и обосновании методов и способов получения высоких и устойчивых урожаев культур.

3. Результаты и обсуждение

В научной литературе содержится значительное количество информации, характеризующей горчицу как хороший предшественник для ведущей культуры большинства севооборотов Украины – озимой пшеницы, однако она не имеет акцентированного характера, особенно, что касается условий Юга, также почти отсутствуют сведения по оценке горчицы в качестве предшественника для других культур агрофитоценоза (Артемов, 2001: 36; Замятина, 2003; Dongale, 1990; Киселев, 2012; Медведев и др., 2001: 2-3). Этим были обусловлены наши исследования, результаты которых представлены ниже.

Уровень урожайности ведущей культуры севооборота – озимой пшеницы, которая была высеяна после горчицы, за годы исследований несколько уступал средней урожайности культуры по хозяйству (на 0,14–0,31 т/га) (табл. 1).

Это объясняется тем, что около 80 % посевов озимой пшеницы традиционно размещается в хозяйстве по чистому пару. В целом же, отмечена тенденция, согласно которой все культуры, выращиваемые в хозяйстве, положительно реагировали на горчицу в качестве предшественника и формировали урожайность, которая была на 4–7 % выше, чем в среднем по хозяйству. Данный факт объясняется тем, что из-за мощного ассимилирующего аппарата горчицы поле освобождается от значительного количества сорняков, а после уборки остается значительная масса растительных остатков, которые после минерализации увеличивают содержание в почве питательных веществ, а благодаря развитой и глубоко проникающей стержневой корневой системе горчицы улучшается водный, воздушный режимы почвы, становятся более лабильными фосфаты, что положительно влияет на урожайность последующих культур (Постников и др., 2003; Khan, 1991).

Большинство исследователей отмечают высокие фитомелиоративные свойства культуры, обусловленные способностью под влиянием корневых выделений превращать труднодоступные формы фосфорных и калийных элементов минерального питания на мобильные и доступные для усвоения соединения, подавлять развитым ассимиляционным аппаратом сорняки, радикально улучшать физико-механические свойства почвы, благодаря мощной стержневой корневой системе (Кононов, 1972; Лихочвор, 2006; Stuart et al., 1977; Morrison, 1988; Sarandon, 1996). В свете вышеприведенного, горчица, по нашему мнению, приобретает, в свою очередь, актуальность и как предшественник для большинства культур, типичных для агрофитоценозов Юга Украины, тем более, что в последнее время в современном отечественном агропроизводстве четко вырисовывается очевидная проблема дефицита хороших предшественников для ведущей культуры севооборота – озимой пшеницы. Кроме очевидных положительных качеств горчицы в качестве предшественника, обусловленных фитосанитарными свойствами, нами отмечена такая особенность как непродолжительный вегетационный период (около 80 дней), что в условиях Юга дает возможность качественной и своевременной подготовки почвы после ее уборки не только под яровые культуры раннего срока сева, но и под озимые, что дает полное право рассматривать ее как альтернативный вариант введения в севообороты зоны Южной Степи с целью расширения номенклатуры предшественников, что гарантированно позволяют проводить посев озимых хлебов в оптимальные сроки (Трофимова, 2009; Шевцова, Комягин, 2007).

Таблица 1. Оценка горчицы в качестве предшественника для культур полевых севооборотов зоны Южной Степи (среднее за 2005–2013 гг.)

Вид горчицы (фактор А)	Культура (фактор В)	Урожайность, т/га		+- к среднему, т/га
		после горчицы	средняя по хозяйству	
Сарептская	Озимая пшеница	3,57	3,88	-0,31
	Озимый ячмень	3,71	3,82	-0,11
	Яровой ячмень	2,40	2,13	0,27
	Подсолнечник	1,42	1,37	0,5
	Горох на зерно	2,03	1,79	0,24
	Нут	2,20	1,84	0,36
	Просо	1,89	1,70	0,19
	Сорго зерновое	3,66	3,32	0,34
Сарептская озимая	Озимая пшеница	3,39	3,53	-0,14
	Озимый ячмень	3,33	3,44	-0,11
	Яровой ячмень	1,94	1,77	0,17
	Подсолнечник	1,54	1,29	0,25
	Горох на зерно	2,09	2,01	0,08
	Нут	1,99	1,77	0,22
	Просо	2,11	2,05	0,06
	Сорго зерновое	4,02	3,87	0,15
Белая	Озимая пшеница	2,81	3,08	-0,27
	Озимый ячмень	2,77	2,84	-0,07
	Яровой ячмень	2,32	2,06	0,26
	Подсолнечник	1,62	1,37	0,25
	Горох на зерно	1,82	1,47	0,35
	Нут	1,90	1,68	0,22
	Просо	1,94	1,90	0,04
	Сорго зерновое	3,09	3,04	0,05
Черная	Озимая пшеница	2,29	2,57	-0,28
	Озимый ячмень	2,04	2,22	-0,18
	Яровой ячмень	1,48	1,10	0,38
	Подсолнечник	1,31	1,20	0,11
	Горох на зерно	1,82	1,74	0,08
	Нут	1,66	1,61	0,05
	Просо	2,34	2,05	0,29
	Сорго зерновое	4,40	4,07	0,33
НСР ₀₅		А		0,11
		В		0,09
		АВ		0,31

Типичной чертой современного сельскохозяйственного производства в зоне Южного Степи Украины, обусловленной разбалансированием системы севооборотов и перманентным дефицитом удовлетворительных предшественников для озимой пшеницы, является вынужденное размещение посевов по стерневым предшественникам. Особое развитие это негативное явление приобрело в практике небольших сельскохозяйственных предприятий, где, чтобы хоть немного нивелировать негативное влияние повторных посевов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, производители вынуждены применять в севооборотах звено «чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница», что в полной мере не решает вопроса, особенно что касается интенсивности заселения хлебных массивов вредителями всходов (в первую очередь – хлебной жужелицей) и озимыми и зимующими видами сорняков. В этой связи нами были проведены исследования эффективности введения поля горчицы между двумя полями озимой пшеницы в указанное звено севооборота с целью

оптимизации фитосанитарного состояния агрофитоценоза, ведь среди наиболее актуальных хозяйственно ценных признаков горчицы отдельно стоят фитосанитарные свойства культуры. По наблюдениям большинства исследователей, насыщение севооборота данной культурой дает возможность радикально улучшить ситуацию по засоренности, заселенности почвы олигофагами и полифагами, что особенно актуально при реализации стратегии увеличения производства зерна озимой пшеницы (Gare, 1996; Шевцова, 2008; Standfield, 1973; Иванцова, 2004; Иванцова, 2004а; Sass, 1985: 148-149). Известно, что вектор экстенсивного характера решения данной проблемы имеет серьезный сдерживающий фактор – отсутствие отличных и хороших предшественников при расширении посевных площадей озимой пшеницы, нередко также случаи элементарного пренебрежения паровыми площадями, особенно в практике единоличных землепользователей (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность введения горчичного поля в звено севооборота «озимая пшеница – озимая пшеница» в агрофитоценозах Юга Украины (среднее за 2007–2013 гг.)

Вид горчицы (фактор А)	Звено севооборота (фактор В)	Урожайность II поля озимой пшеницы, т/га	Вредоносные организмы		
			корневые гнили, % поражения	хлебная жужелица, особи/м ²	осот розовый, шт/м ²
Сарептская	«озимая пшеница – озимая пшеница» – контроль	2,28	56,2	9,2	4,3
	«озимая пшеница – горчица – озимая пшеница»	3,57	17,4	0,8	1,2
+- к контролю		1,29	-38,8	-8,4	-3,1
Сарептская озимая	«озимая пшеница – озимая пшеница» – контроль	2,09	50,0	6,7	4,9
	«озимая пшеница – горчица – озимая пшеница»	2,74	7,9	2,2	1,1
+- к контролю		0,65	-42,1	-4,5	-3,8
Белая	«озимая пшеница – озимая пшеница» – контроль	1,99	33,9	2,4	2,6
	«озимая пшеница – горчица – озимая пшеница»	2,31	7,7	0,26	0,45
+- к контролю		0,32	-26,2	-2,1	-2,2
Черная	«озимая пшеница – озимая пшеница» – контроль	1,34	22,0	3,2	2,8
	«озимая пшеница – горчица – озимая пшеница»	1,81	4,4	0,24	0,33
+- к контролю		0,47	-17,6	-3,0	-2,5
НСР ₀₅	А	0,36	10,18	2,11	1,59
	В	0,21	14,44	1,61	1,80
	АВ	0,30	17,07	2,20	1,91

Учитывая вышесказанное, нами был исследован вопрос эффективности размещения поля горчицы между двумя полями озимой пшеницы в севообороте. Отдельное внимание было уделено фитосанитарному состоянию агрофитоценоза озимой пшеницы, в первую очередь исследовались уровни распространения корневых гнилей (фузариозной,

гельминтоспориозной) и хлебной жужелицы – основных вредоносных биотических факторов, предпосылкой эпифитотийного развития которых является размещение озимой пшеницы по стерневым предшественникам.

Что касается засоренности, то учет и контроль проводился по осоту розовому как наиболее характерному и вредоносному сорняку группы корнеотпрысковых в агрофитоценозах Южной Степи. Остальные, типичные для зоны, озимые, зимующие и яровые сорняки почти полностью погибали в течение вегетации горчицы вследствие угнетения и затенения ассимиляционным аппаратом культуры.

Как свидетельствуют результаты опытов, применение указанного агроприема позволяет значительно улучшить фитосанитарное состояние посева озимой пшеницы за счет радикального уменьшения количества и вредоносности основных болезней, вредителей и сорняков и повысить урожайность основной стратегической культуры зоны Степи в среднем на 1,49 т/га или 65,4 % (в варианте с сарептской горчицей), а аналогичный положительный эффект горчицы белой по оптимизации фитосанитарного состояния хлебного поля обусловил увеличение урожайности озимой пшеницы во втором поле звена севооборота на 0,32 т/га или 16,1 % в сравнении с размещением ее повторно по стерневому предшественнику.

Положительное влияние введение в звено севооборота горчичного поля по варианту озимой формы сизой горчицы трансформировался в увеличение урожайности озимой пшеницы на 0,65 т/га (31,1 % к контролю), черной – на 0,47 т/га или 35,1 %.

В свою очередь, введение между двумя полями озимой пшеницы клина горчицы также позволяло в полной мере решить проблему, что является очень актуальной для Юга – заселенность хлебного массива личинками хлебной жужелицы при размещении посева по стерневым предшественникам. Если в варианте повторного посева среднее количество этого опасного вредителя всходов озимой пшеницы, по нашим данным, составила 2,2–2,3 шт/м² при экономическом пороге вредоносности 1 экземпляр/м², то в варианте, где предшественником второго поля озимой пшеницы выступала горчица белая, численность вредителя радикально уменьшилась и составила 0,4 ЭПВ.

Это же касается и вариантов с привлечением в звено севооборота и других видов горчицы – нами установлено существенное положительное влияние указанного агроприема на показатели фитосанитарного состояния, а именно: озимая сарептская и черная горчицы способствовали уменьшению численности корневых гнилей и хлебной жужелицы соответственно на 84,2 и 67,2; на 80,0% и 93,8 %.

Аналогичная тенденция отмечена нами и при исследовании численности наиболее вредоносного корнеотпрыскового сорняка в агрофитоценозе озимой пшеницы – осота розового. За счет угнетения растений данного сорняка мощным ассимиляционным аппаратом горчицы, его численность во втором поле пшеницы была значительно меньшей (в варианте сизой горчицы на 77,5, сизой озимой 77,6, белой 84,6 и черной на 89,3 %), чем в варианте повторного посева культуры.

К очевидным положительным фитомелиоративным свойствам горчицы следует также отнести, по нашему мнению, (и это подтверждается результатами, которые нашли отражение в научных трудах многих исследователей), значительное количество растительной биомассы, которая остается на гектаре поля после уборки зерновой части урожая культуры (Sharma, 1989; Рамазанова, 2008; Левина, 2011). Мощная надземная часть растения и развитая корневая система, минерализуясь, обогащают почву элементами минерального питания, переводят баланс органического вещества в профицитный ракурс, что особую актуальность приобретает в свете современного подхода к вопросам ресурсо и энергосбережения, рационального использования природных (в том числе земельных) ресурсов, сохранение и улучшение их мелиоративного состояния (рис. 1).

Исследованиями установлено, что после уборки культуры на 1 га площади остается почти 10 т воздушно-сухого вещества, которое, при условии рационального возделывания почвы, может быть вовлечено в процесс формирования бездефицитного баланса органического вещества почвы и создания предпосылок для роста уровня ее плодородия.

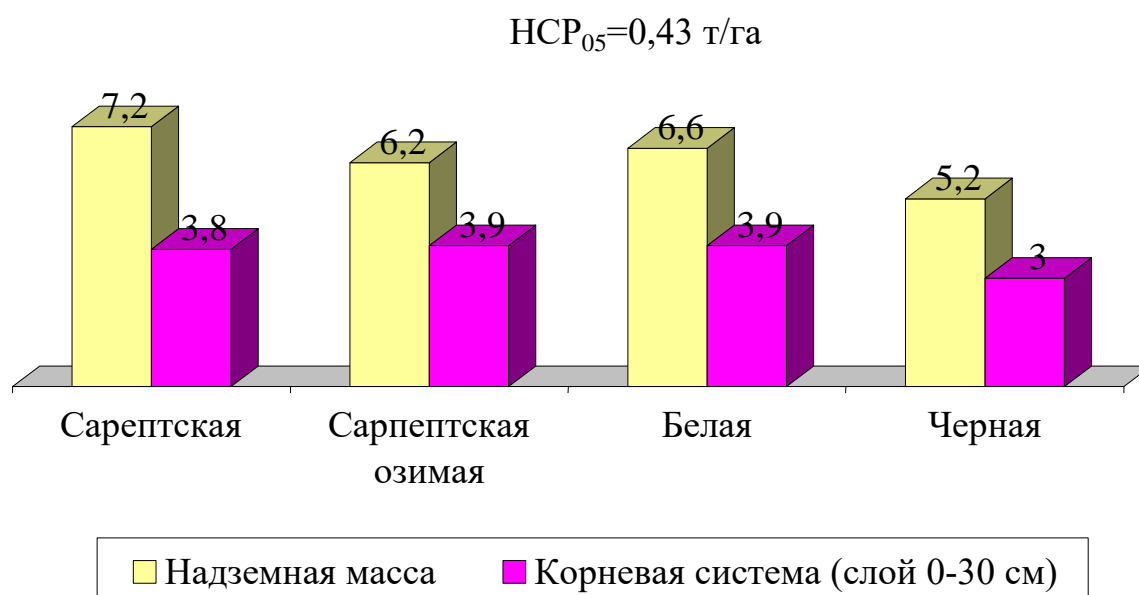


Рис. 1. Учет незерновой части урожая горчицы в воздушно-сухой массе, т/га (среднее за 2010–2012 гг.)

В пользу отличных фитомелиоративных свойств горчицы может служить тот факт, что ее развитая стержневая корневая система, которая легко проникает в нижние горизонты почвы, в наших опытах значительно улучшала значение такого принципиального и актуального для условий зоны Степи водно-физического свойства почвы, как ее водопроницаемость. Это позволяло в значительной степени повысить эффективность аккумуляции почвой атмосферных осадков (преимущественно ливневого характера) в летний период при подготовке почвы под посев озимой пшеницы (рис. 2).

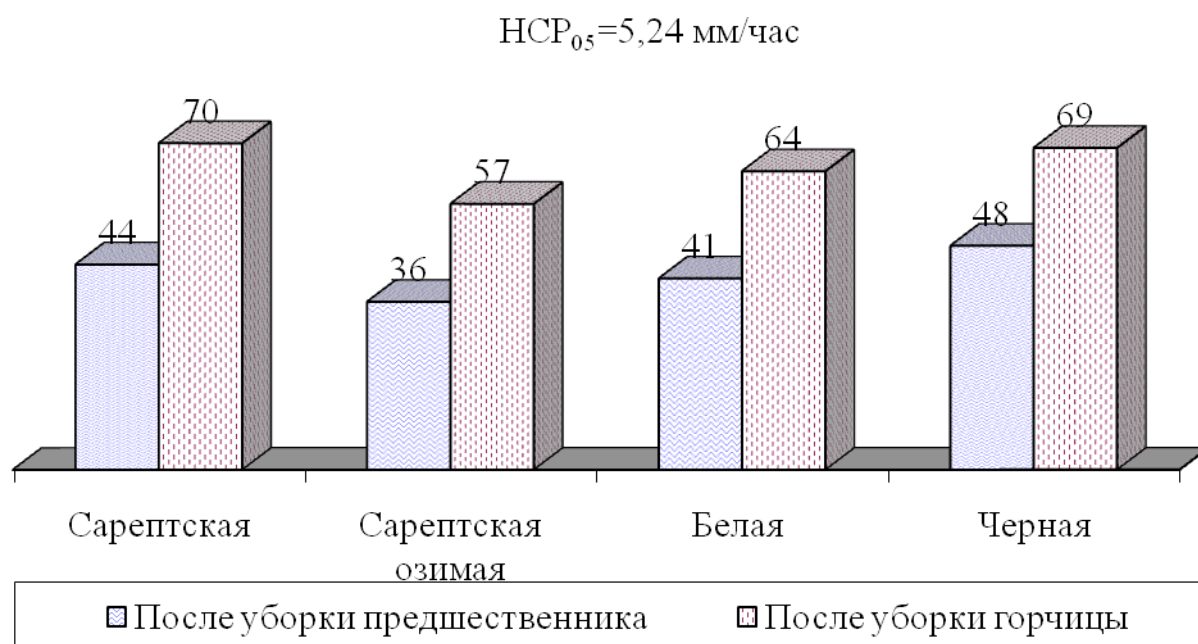


Рис. 2. Влияние возделывания горчицы на водопроницаемость темно-каштановой тяжелосуглинистой среднесолонцеватой почвы, мм/час (среднее за 2008–2010 гг.)

Результаты выполненных исследований позволяют сделать вывод, что если после уборки предшественника горчицы, которым за годы проведения исследований была озимая пшеница, водопроницаемость почвы опытного участка характеризовалась как удовлетворительная, то после уборки культуры она улучшилась в варианте с сарептской горчицей на 59,1 %, сарептской озимой – на 58,3 %, белой – на 56,1 %, черной на 43,7 % и соответствовала критерию выше средней.

Учитывая важность вопроса насыщение агрофитоценозов Степи Южного горчицей, что приобретает особую актуальность в случае выращивания культуры в короткоротационных севооборотах фермерских и единоличных хозяйств, нами были проведены исследования относительно допустимых сроков возврата горчицы в том же поле. Отдельные исследователи в своих трудах отмечают, что наряду с радикальным снижением урожайности, в случае повторных посевов горчицы существенно уменьшается содержание в семенах сырого жира, поэтому нами изучался и данный фактор, что особенно актуально в случае выращивания культуры для внешнеэкономического рынка, где критерий масличности является принципиальным при установлении стоимости отдельной партии семян горчицы (Наумкин, Велкова, 2000).

Предшественником во всех случаях (кроме повторных посевов) была озимая пшеница. Опытами установлено, что возврат горчицы сарептской (как яровой, так и озимой формы) и горчицы черной в то же самое поле раньше, чем на пятый год, доказательно уменьшало урожайность культуры. Особую интенсивность этот процесс приобретал в сроки до четвертого года включительно. Содержание в семенах сырого жира характеризовалось схожей тенденцией: за 1–3 года он резко уменьшался, а, начиная с четвертого года, не зависел от этого фактора. По горчице белой указанный срок составлял 4 года при аналогичной тенденции стремительного ухудшения хозяйственно ценных признаков культуры параллельно с сокращением срока возврата ее в том же поле севооборота. Данный факт объясняется нами более высокой степенью толерантности белой горчицы по отношению к основному вредителю всходов – капустным блошкам, распространение которых в агрофитоценозе культуры напрямую зависит от периодичности возвращения ее на тот же производственный массив. Сокращение периодичности возвращения культуры в то же поле севооборота существенно ухудшало значение основного хозяйственно-ценного качества культуры – содержания в семенах жирного масла по всем видам горчицы, что, в сочетании с уровнем реальной семенной продуктивности в зависимости от фактора, который изучался, не могло не отразиться на значении дифференцированного показателя общего сбора растительного масла и горчичного шрота – основных видов горчичного сырья, по которым проводится хозяйственная оценка технологии выращивания культуры. В целом, характер зависимости указанных показателей от фактора, который изучался в опыте, соответствует характеру зависимости семенной продуктивности видов горчицы от срока возврата в том же поле севооборота. В табл. 3 нашли отражение уровни урожайности кондиционных семян видов горчицы и его масличность зависимости от срока возврата культуры в это же поле севооборота.

Согласно результатам наших исследований, интенсивность заселения повторных посевов культуры разными видами капустных блошек (черные, широкополосные, светлоногие, выемчатые, волнистые, синие, южные) является основным негативным фактом радикального уменьшения уровня семенной продуктивности всех видов горчицы с одновременным ухудшением основных хозяйственноценных признаков (содержания в масле сырого жира, общего сбора горчичного масла и шрота).

Динамика распространения капустных блошек в посевах горчицы на период максимальной уязвимости культуры к вредоносному действию указанного вредителя (всходы – первая пара настоящих листьев) в зависимости от срока возврата в том же поле приведена на рис. 3.

Отмечено, что срок, начиная с которого интенсивность снижения степени заселенности горчичного клина взрослыми особями капустных блошек начинает доказательно тяготеть к отметке естественного фона и не превышать отметки экономического порога вредоносности, составляет от 4 до 5 лет по всем видам горчицы.

Таблица 3. Урожайность и масличность семян видов горчицы в зависимости от срока возвращения культуры в то же поле севооборота (среднее за 2005–2011 гг.)

Вид горчицы (фактор А)	Срок, год (фактор В)	Урожайность кондиционных семян, т/га	Масличность семян, %	Сбор с 1 га, т	
				масло*	шрот
Сарептская	1	0,56	34,3	0,18	0,38
	2	0,63	35,9	0,22	0,41
	3	0,95	36,8	0,34	0,61
	4	1,43	38,5	0,53	0,90
	5	1,62	38,6	0,60	1,02
	6	1,68	38,8	0,63	1,05
	7	1,67	38,6	0,62	1,05
Сарептская озимая	1	0,67	35,2	0,23	0,44
	2	0,73	35,9	0,25	0,48
	3	0,79	36,9	0,28	0,51
	4	0,88	37,7	0,32	0,56
	5	1,03	39,0	0,39	0,64
	6	1,05	39,2	0,39	0,66
	7	1,04	39,2	0,39	0,65
Белая	1	0,31	30,1	0,09	0,22
	2	0,62	30,7	0,18	0,44
	3	0,79	30,9	0,23	0,56
	4	0,98	31,7	0,30	0,68
	5	0,99	32,4	0,31	0,68
	6	1,02	32,4	0,32	0,70
	7	0,94	32,9	0,30	0,64
Черная	1	0,28	33,4	0,09	0,19
	2	0,45	33,8	0,15	0,30
	3	0,62	33,9	0,20	0,42
	4	0,76	34,6	0,25	0,51
	5	0,88	35,5	0,30	0,58
	6	0,87	35,9	0,30	0,57
	7	0,85	36,3	0,30	0,55
НСР ₀₅	А	0,14	1,02	0,14	0,16
	В	0,07	0,44	0,10	0,09
	АВ	0,09	0,63	0,18	0,19

* при условии 4 % неотделяемого остатка масла в шроте

В случае пересева озимого рапса, что вышел из перезимовки в неудовлетворительном состоянии, озимой горчицей абсолютно реально подготовить почву под посев последней по системе занятого пара, что, в результате, обеспечит получение урожая озимой горчицы на уровне размещения ее по оптимальным предшественникам.

В пользу перспективности указанного алгоритма решения производственной проблемы пересева погибшего рапса видами горчицы можно добавить ряд следующих обстоятельств. В данном случае не стоит проблема радикальных изменений в составе машин. Не требуется подбор пестицидов и агрохимикатов других групп и классов. Не необходимости учитывать фитотоксическое влияние почвенных гербицидов, которые были применены в системе интегрированной защиты озимого рапса в осеннем цикле технологических операций, на культуру, которой проводится пересев весной, поскольку подавляющее большинство препаратов угнетают подсолнечник и просо. Именно эти культуры часто являются основными и безальтернативными вариантами, к которым

склоняются в практике. Имеет место сужение и без того неширокого спектра хороших предшественников под основную зерновую культуру – озимую пшеницу. Пересев поздними яровыми культурами (в первую очередь, подсолнечником) увеличивает финансовый лаг производства, затрудняет возврат кредитов.

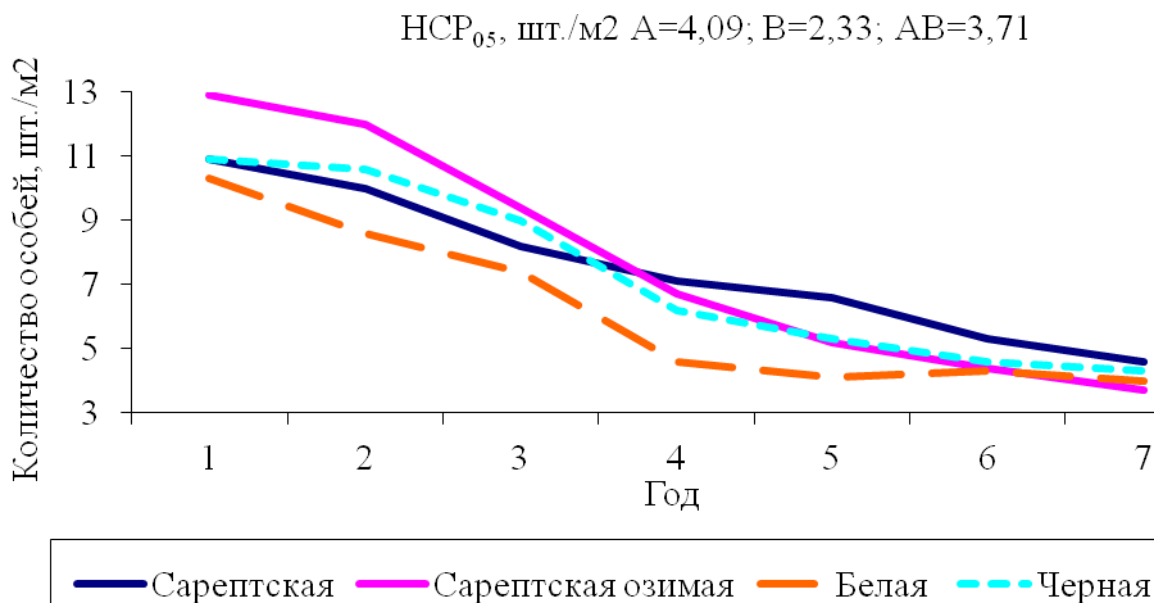


Рис. 3. Заселенность всходов горчицы имаго капустных блошек на период всходов культуры в зависимости от срока возвращения ее в то же поле севооборота (среднее за 2006–2010 гг.)

Поэтому возможно изменение приоритетов хозяйственной деятельности, расширение спектра хороших предшественников под основную зерновую культуру – озимую пшеницу, максимально раннее поступления финансовых ресурсов за счет реализации товарной продукции (рис. 4).

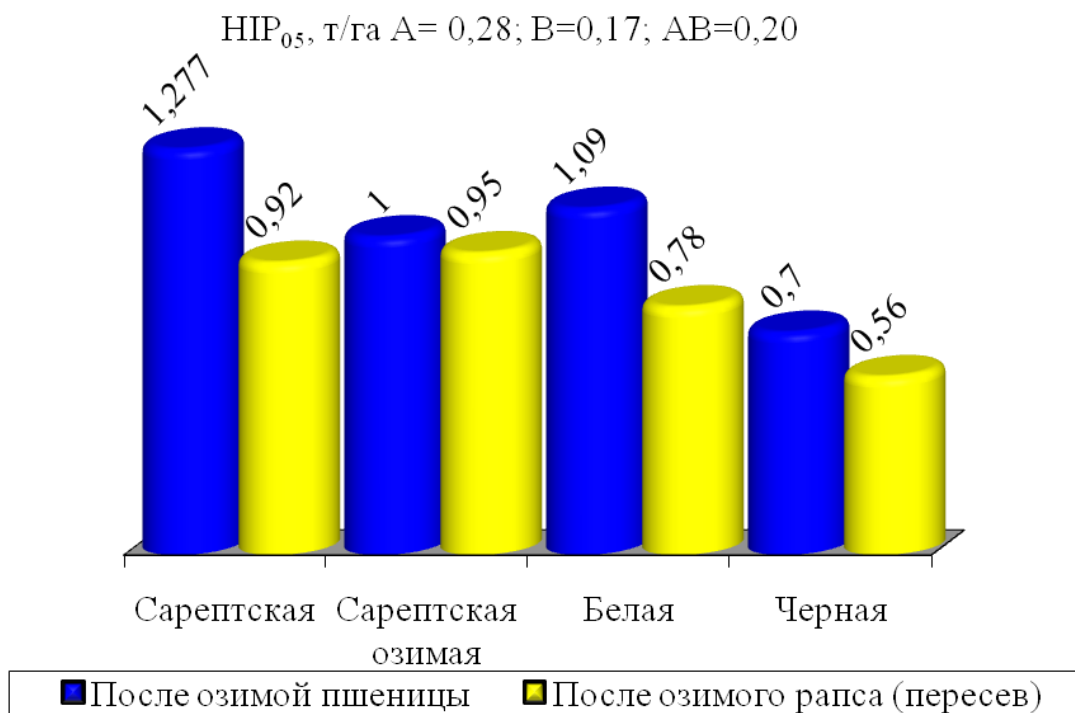


Рис. 4. Семенная продуктивность видов горчицы при пересеве ими погибших площадей озимого рапса, т/га (среднее за 2010–2012 гг.)

Как свидетельствуют приведенные результаты исследования, в случае оперативного принятия решения относительно посева рапсового клина и проведение всех необходимых агротехнических мероприятий с качественной подготовки почвы под посев горчицы, урожайность кондиционных семян последней отличается от варианта размещения ее по оптимальным предшественникам по сарептской горчице – на 0,35 т/га (27,6 %), белой – 0,21 т/га (28,4 %), черной – 0,14 т/га (20,0 %), что позволяет рассматривать указанный агроприем как перспективный в годы с неблагоприятными погодными условиями для перезимовки озимого рапса.

По нашим данным, использование в технологии выращивания горчицы сарептской такой операции, как дополнительного опыления культуры медоносными пчелами дает возможность повысить урожайность семян культуры как по сравнению с изолированными условиями, так и опылением за счет естественной энтомофауны зоны выращивания за все годы проведения исследований. Обустройство пасеки вблизи горчицевого массива из расчета минимум 2 пчелосемьи на 1 га позволяет существенно увеличить семенную продуктивность культуры в сравнении с изолированным контролем и с фоновым опылением агрофитоценоза природными насекомыми-опылителями, увеличить масличность семян горчицы и дополнительно получить до 0,15 т/га меда отличного качества в период, когда из культурных растений-медоносов не цветет ни одно (табл. 4).

Таблица 4. Эффективность дополнительного опыления медоносными пчелами агрофитоценоза горчицы (среднее за 2005–2011 гг.)

Вид горчицы (фактор А)	Способ опыления (фактор В)	Урожайность семян, т/га	+ к контролю	Масличность, %	Сбор меда, т/га
Сизая	Без опыления – изолированный контроль	0,95	-	39,1	-
	Естественные опылители	1,00	0,05	39,0	-
	Дополнительное пчелоопыление	1,22	0,27	39,5	0,13
Сизая озимая	Без опыления – изолированный контроль	0,70	-	39,8	-
	Естественные опылители	0,73	0,03	39,9	-
	Дополнительное пчелоопыление	0,92	0,22	40,3	0,15
Белая	Без опыления – изолированный контроль	0,76	-	25,6	-
	Естественные опылители	1,01	0,49	27,8	-
	Дополнительное пчелоопыление	1,28	0,52	28,9	0,18
Черная	Без опыления – изолированный контроль	0,68	-	37,6	-
	Естественные опылители	0,70	0,02	37,9	-
	Дополнительное пчелоопыление	0,82	0,14	38,7	0,09
НСР ₀₅	А	0,12			
	В	0,07			
	АВ	0,13			

В варианте дополнительного опыления медоносными пчелами посева озимой горчицы средняя урожайность семян культуры составила 0,92 т/га, на фоне естественного опыления типичной энтомофауной – 0,73 т/га, на изолированном контроле – 0,70 т/га. Содержание в семенах жирного масла составило 40,3 %, 39,9 % и 39,8 % соответственно. По варианту дополнительно получено 0,15 т/га меда. Белая горчица является облигатным перекрестноопыляющимся энтомофильным видом – по результатам наших исследований, размещение 1–2 пчелосемьи на каждом гектаре горчицевого клина повышало семенную

продуктивность культуры на 0,78 т/га, масличность на 0,11 % и позволяло дополнительно получать 0,18 т горчичного меда отличного качества (в сравнении с изолированным контролем).

Фенологические особенности черной горчицы обуславливают наступление фазы цветения в период, совпадающий по времени с «окном», для которого характерно отсутствие интенсивного цветения любой культурной или дикорастущей медоносной культуры – в указанном контексте горчицу можно совершенно справедливо рассматривать как определенным образом «страховую» культуру для отечественной отрасли пчеловодства (Sims, 1979; Singh et al., 1983). Обустройство пасеки в период интенсивного цветения и выделения нектара черной горчицей, который при благоприятных условиях (теплая и умеренно влажная погода) может составлять 22–25 дней, и при условии применения в период цветения культуры для борьбы с вредителями генеративных органов препаратов, характеризующихся отсутствием токсичных и репеллентных свойств для медоносных пчел (например, Biscaya[®], o.d.), является довольно действенным. Так, по нашим данным, это не только позволило получать с 1 га 0,09 т меда отличного качества, но и повышало урожайность семян культуры, в среднем, на 0,14 т/га по сравнению с изолированным контрольным вариантом и на 0,12 т/га в сравнении с фоновыми условиями опыления естественными опылителями, содержание в нем сырого жира – с 37,6 до 38,7 %.

В опыте не установлено эффекта от опыления горчицы сизой и черной представителями естественной энтомофауны, типичной для агрофитоценоза горчицы, что объясняется нами, во-первых, биологическими особенностями культуры, для которой характерной является наличие 70–85 % цветков в соцветиях, способных к самоопылению, а, во-вторых, существенными инсектицидным прессингом на диких насекомых-опылителей в период цветения культуры. Вместе с тем, относительно белой горчицы данный эффект является существенным.

4. Выводы

4.1. Горчица является отличным предшественником для большинства культур, выращиваемых в хозяйствах зоны Южной Степи, обеспечивая их урожайность на уровне и выше средней по хозяйству, за исключением культур семейства Капустные.

4.2. Высокоэффективным мероприятием улучшения фитосанитарного состояния хлебных массивов является введение горчичного поля в звено севооборота между двумя полями озимой пшеницы, что дает возможность радикально уменьшить интенсивность распространения корневых гнилей, корнеотпрысковых сорняков и увеличить урожайность зерна озимой пшеницы на 0,8–1,2 т/га по сравнению с выращиванием ее по стерневым предшественникам.

4.3. Подтверждением высоких фитомелиоративных свойств горчицы является тот факт, что после ее уборки на 1 га площади в среднем до 6,3 т надземных и 3,4 т корневых растительных остатков, что положительным образом влияет на формирование бездефицитного баланса органического вещества почвы.

4.4. За счет деятельности мощной стержневой корневой системы горчицы радикальным образом улучшается водопроницаемость почвы (по варианту сарептской горчицы – на 59,1 %, озимой сарептской – 58,3 %, белой – 56,1 % и черной – 43,7 %), что активизирует процессы аккумуляции влаги осадков и оптимизации водного баланса почвы последующей культуры севооборота.

4.5. Возвращение сизой и белой горчицы в то же самое поле севооборота возможно не ранее 4 лет, а черной – 5 лет. Сокращение указанных сроков доказательно приводит к радикальному уменьшению уровня семенной продуктивности культур на фоне ухудшения основного хозяйственноценного признака – масличности семян и, как следствие, общего сбора растительного масла и шрота. Основным сдерживающим фактором более интенсивного насыщения севооборотов зоны Степи горчицей, является, по нашим данным, прогрессирующий рост численности основного почвообитающего вредителя всходов культуры – капустных блошек.

4.6. В случае возникновения типичной для последнего времени негативной производственной ситуации для зоны Степи – критического изреживания или полной гибели массива озимого рапса, все виды горчицы признаны нами реальной альтернативой

для посева указанных площадей при условии оперативного и качественного проведения мероприятий по подготовке почвы, которые бы, в первую очередь, делала невозможным отрастания растений рапса и засорение им площадей горчицы в дальнейшем, и посева горчицы в оптимальные агротехнические сроки. По результатам наших исследований, использование горчицы в качестве страховой культуры в данном случае дает возможность получать урожаи кондиционных семян на уровне 72–80 % от таковых, что можно получить по оптимальному предшественнику.

4.7. Организация на горчичном поле пасеки из расчета 1–2 пчелосемьи на 1 га посева позволяет увеличить урожайность сизой яровой горчицы на 0,27 т/га; озимой – на 0,22 т/га; белой – на 0,52 т/га, черной – на 0,14 т/га одновременно с повышением масличности семян на 0,3–0,5 % и получения дополнительного 0,1–0,18 т/га меда с отличными вкусовыми свойствами.

Литература

- Артемов, 2001** – *Артемов А.М.* Горчица в Николаевском районе // *Степные просторы*. 2001. Специальный выпуск.
- Бородычев и др., 2011** – *Бородычев В.А., Адьяев Р.Б., Левина А.В.* Горчица: реалии и перспективы // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2011. №1(21). С. 9–17.
- Замятина, 2003** – *Замятина Н.* Горчица бывает разной // *Наука и жизнь*. 2003. №10. С. 100–103.
- Иванцова, 2004** – *Иванцова Е.А.* Особенности и технологии возделывания горчицы сарептской // *Зерновое хозяйство*. 2004. № 7. С. 26–27.
- Иванцова, 2004а** – *Иванцова Е.А.* Некоторые пути экологизации защиты горчицы сарептской от комплекса вредителей // *Научный вестник. Агрономия. ВСХА*. Волгоград, 2004. С. 100–102.
- Киселев, 2012** – *Киселев М.В.* Оценка некоторых видов сидератов семейства Капустные в условиях Северо-запада РФ : дис. ... кандидата с.-х. наук: 03.01.01. Санкт-Петербург, 2012. 221 с.
- Кононов, 1972** – *Кононов В.М.* Агробиологическое обоснование основных приемов возделывания горчицы на светло-каштановых почвах Юго-Востока: дис. ... кандидата с.-х. наук: 06.01.01. Краснодар, 1972. 128 с.
- Левина, 2011** – *Левина А.В.* Агротехнические приемы возделывания горчицы сарептской в рисовых чеках Калмыкии: дис. ... кандидата с.-х. наук: 06.01.01. Саратов, 2011. 212 с.
- Лихочвор, 2006** – *Лихочвор В.* Зеленое удобрение из пожнивных посевов // *Зерно*. 2006. № 6. С. 60–64.
- Мамырко, 2009** – *Мамырко Ю.В.* Продуктивность льна масличного и горчицы в специализированном севообороте на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: дис. ... кандидата с.-х. наук: 06.01.09. Краснодар, 2009. 186 с.
- Медведев и др., 2001** – *Медведев Г.А., Екатериничева Н.Г., Михальков Д.Е.* Особенности возделывания горчицы на каштановых почвах Волгоградской области // *Вестник АПК*. 2001. №6 (167). С. 2–3.
- Наумкин, Велкова, 2000** – *Наумкин В.П., Велкова Н.И.* Рекомендации по использованию горчицы белой для улучшения кормовой базы пчеловодства путем организации цветочно-нектарного конвейера. Орел. Изд-во ОАУ, 2000. 14 с.
- Постников и др., 2003** – *Постников Д.А., Чудакова А.А., Монахова О.Ф.* Экологическое значение корневых выделений белой горчицы (*Sinapis alba*) // *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. Москва, 2003. Т. 1. С. 313–315.
- Рамазанова, 2008** – *Рамазанова А.У., Шурманбаев Н.Ш., Гришанов И.Н.* Возделывание горчицы сарептской на маслосемена в условиях Северного Казахстана // *Исследования, результаты*. 2008. №3. С. 194–196.
- Самойленко, 2012** – *Самойленко И.* Прибыльность культур второго эшелона // *Зерно*. 2012. №12. С. 78–81.
- Трофимова, 2009** – *Трофимова Т.А.* Применение посевов горчицы сарептской в целях фиторемедиации техногенно загрязненных тяжелыми металлами светло-каштановых почв

южной пригородной агропромзоны г. Волгограда: дис. ... кандидата с.-х. наук: 3.00.16. Волгоград, 2009. 184 с.

Шевцова, Комягин, 2007 – Шевцова Л.П., Комягин Д.А. Адаптивные приемы формирования высокопродуктивных агрофитоценозов горчицы сарептской в Правобережье Саратовской области // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова*. 2007. №1. С. 75–78.

Шевцова, 2008 – Шевцова Л.П., Шьюрова Н.А., Каленюк А.В. Агробиологические особенности и продуктивность традиционных и редких видов масличных культур в засушливом Поволжье // *Нива Поволжья*. 2008. №4. С. 36–39.

Ясиновский, 2006 – Ясиновский Г. Горчица завоевывает популярность // *Зерно*. 2006. № 10. С. 46–49.

Beese, 1989 – Beese G. (1989). Erfahrungen mit dem Anbau von Sareptasenf in der DDR. *Feldwirtschaft*. №12. pp 556–558.

Chavan, 1989 – Chavan S.A. (1989). Effects of dates of sowing, plant density and levels of nitrogen on mustard. *J. Maharashtra agr. Univ.* No 9. pp 12–14.

Dongale, 1990 – Dongale J. (1990). Response of mustard to irrigation and fertilizer on lateritic soil in Konken. *Fertil. News*. №13. pp 23–25.

Gare, 1996 – Gare B.N. (1996). Behavior of grades mustard at different terms of sowing. *J. Maharashtra Agr. Univ.* №1. pp 147–148.

Khan, 1991 – Khan N.A. (1991). Puridohine augments growth, yield and quality of mustard through efficient utilization of soil-applied NP-fertilizers. *Acta agron. hung.* Vol.40. No 1. pp 111–116.

Kroschewski, 1980 – Kroschewski A. (1980). Verlustarme Ernte und Ausbereitung bei Winterraps. *Feldwirtschaft*. №6. pp 260–262.

Morrison, 1988 – Morrison I.N. (1988). Effekt of seeding methods and soil crusting on establishment of rapeseed and mustard (*Brassica juncea*). *Field Crops Res.* No 5. pp 2–7.

Rollier, 1981 – Rollier M. (1981). Récolte et rendement du colza. *Le producteur agr. fr.* №57.

Sarandon, 1996 – Sarandon S.J. (1996). Respuesta de la colza – Conola (*Brassica napus* L. Sp. Olifera forma annua) a la fertilización con N a la siembra. Efecto sobre la acumulación y partición materia seca, el rendimiento componentes. *Rev. Agron. Univ. Nac. LaPlata*. No 10. pp 12–20.

Sass, 1985 – Sass H. (1985). Erntezeit bei Raps aus der Sicht der Praktiker. *Raps*. No 3. Pp 148–149.

Sharma, 1989 – Sharma D.K. (1989). Effekt of water stress on plant water relations and yield of varieties of Indian mustard (*Brassica juncea* subsp. *juncea*). *Indian J. agr. Sc.* No 6. Pp 29–31.

Sims, 1979 – Sims R. (1979). Comparative methods of harvesting oilseed rape. *N-Z. exper. Agr.* No 7. pp 79–83.

Singh et al., 1983 – Singh D. et al. (1983). Comparative response of raya (*B. juncea*) varieties and Gobhia Sarson (*B. napus*) to irrigation levels and times of sowing. *Beitr. trop. landwirtsch. Veter.-Med.* No 11. pp 23–27.

Standfield, 1973 – Standfield J.R. (1973). Fuel in British Agriculture. *N.J.A.E. Publication*. №3. pp 125–130.

Stuart et al., 1977 – Stuart B. et al. (1977). Limited of Energy Approach in defining priorities in agriculture // *Jn. Agriculture and Energy: New-York–San-Francisco–London*. pp 713–731.

Teuteberg, 1981 – Teuteberg W. (1981). Der Andau von Raps. *Qualitätsrapser – zeugung Andau – und sort enratschlage*. №4. pp 13–21.

References

Artyomov, 2001 – Artyomov A.M. (2001). Gorchitsa v Nikolaevskom raione [Mustard is in the Nikolaiv district]. *Steppe spaces. Special producing*.

Borodichev i dr., 2011 – Borodichev V.A., Adiyayev R.B., Levina A.V. (2011). Gorchitsa: realii i perspektivy [Mustard: realities and prospects]. *News of Nizhnevolzhsk Agrarian university complex: science and higher professional education*. No 1(21). pp 9–17.

Ivantsova, 2004 – Ivantsova E.A. (2004). Osobennosti i tekhnologii vozdelvaniya gorchitsy sarepskoi [Features and technologies of till of grey mustard]. *The Grain growing*. No 7. Pp 26–27.

Ivantsova, 2004a – Ivantsova E.A. (2004). Nekotorye puti ekologizatsii zashchity gorchitsy sarepskoi ot kompleksa vreditelei [Some ways of ecologization of defence of grey mustard from the

complex of wreckers]. *The Scientific announcer. Agronomics. Russian agricultural academy*. Volgograd. pp 100–102.

Kiselyov, 2012 – *Kiselyov M.V.* (2012). Otsenka nekotorykh vidov sideratov semeistva Kapustnye v usloviyakh Severo-zapada RF [Estimation of some types of leies family Cabbage in the conditions of North-west of Russian Federation]: dis. ... Candidate of Agricultural Sciences: 03.01.01. Saint Petersburg. 221 p.

Kononov, 1972 – *Kononov V.M.* (1972). Agrobiologicheskoe obosnovanie osnovnykh priemov vozdelevaniya gorchitsy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Yugo-Vostoka [Agrobiological ground of basic receptions of till of mustard on light chestnut soil of Southeast]: dis. ... Candidate of Agricultural Sciences: 06.01.09. Krasnodar. 128 p.

Levina, 2011 – *Levina A.B.* Agrotekhnicheskie priemy vozdelevaniya gorchitsy sarepts'koi v risovykh chekakh Kalmykii [Agrotechnical receptions of till of grey mustard are in the rice cotter pins of Kalmykia]: dis. ... Candidate of Agricultural Sciences: 06.01.01. Saratov. 2011. 212 p.

Lihochvor, 2006 – *Lihochvor V.* (2006). Zelenoe udobrenie iz pozhnivnykh posevov [Green fertilizer from the yellowed sowing]. *Grein*. No 6. pp 60–64.

Mamirko, 2009 – *Mamirko Y.V.* (2009). Produktivnost' l'na maslichnogo i gorchitsy v spetsializirovannom sevooborote na vyshchelochennom chernozeme Zapadnogo Predkavkaz'ya [Productivity of flax of oily and mustard in the specialized crop rotation on the lixiviated black earth of Western Ciscaucasia]. dis. ... Candidate of Agricultural Sciences: 06.01.09. Krasnodar. 186 p.

Medvedev i dr., 2001 – *Medvedev G.A., Ekaterinicheva N.G., Mikhalkov D.E.* (2001). Osobennosti vozdelevaniya gorchitsy na kashtanovykh pochvakh Volgogradskoi oblasti [Features of till of mustard on chestnut soils of the Volgograd area]. *Announcer of agrarian industrial complex*. No 6(167). pp. 2–3.

Naumkin, Velkova, 2000 – *Naumkin V.P., Velkova N.I.* (2000). Rekomendatsii po ispol'zovaniyu gorchitsy beloi dlya uluchsheniya kormovoi bazy pchelovodstva putem organizatsii tsvetochno-nektarnogo konveiera [To recommendation on the use of mustard of white for an improvement fodder base of beekeeping by organization of florally-nectar conveyer]. Orel. Publishing house of the Orel agrarian university, 14 p.

Postnikov i dr., 2003 – *Postnikov D.A., Chudakova A.A., Monahova O.F.* (2003). Ekologicheskoe znachenie kornevykh vydelenii beloi gorchitsy (*Sinapis alba*) [Ecological value of root excretions of white mustard (*Sinapis alba*)]. *The New and unconventional plants and prospects of their use*. Moscow. V. 1. pp 313–315.

Ramazanova i dr., 2008 – *Ramazanova A.U., Shurmanbaev N.S., Grishanov I.N.* (2008). Vozdelevanie gorchitsy sarepts'koi na maslosemena v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Till of grey mustard on oil-bearing seed in the conditions of North Kazakhstan]. *Research, results*. No 3. pp 194–196.

Samoylenko, 2012 – *Samoylenko I.* (2012). Pribyl'nost' kul'tur vtorogo eshelona [Profitability of cultures of the second echelon]. *Grein*. No 12. pp 78–81.

Shevtsova, Komiagin, 2007 – *Shevtsova L.P., Komiagin D.A.* (2007). Adaptivnye priemy formirovaniya vysokoproduktivnykh agrofytotsenozov gorchitsy sarepts'koi v Pravoberezh'e Saratovskoi oblasti [Adaptive receptions of forming of highly productive agrophythocenoses of grey mustard are in the Right bank of the Saratov area]. *Announcer of the Saratov State Agrarian university the name of N.I. Vavilov*. No 1. pp 75–78.

Shevtsova i dr., 2008 – *Shevtsova L.P., Shiurova N.A., Kaleniuk A.V.* (2008). Agrobiologicheskie osobennosti i produktivnost' traditsionnykh i redkikh vidov maslichnykh kul'tur v zasushlivom Povolzh'e [Agrobiological features and productivity of traditional and rare types of oil-bearing cultures are in droughty of Volga area]. *Field of Volga area*. No 4. pp 36–39.

Trofimova, 2009 – *Trofimova T.A.* (2009). Primenenie posevov gorchitsy sarepts'koi v tselyakh fitoremediatsii tekhnogenno zagryaznennykh tyazhelymi metallami svetlo-kashtanovykh pochv yuzhnoi prigorodnoi agropromzony g. Volgograda [Application of sowing of grey mustard for phythoremediation technogenic muddy the heavy metals of light chestnut soils South suburban agrarian industrial zone of Volgograd: dis. ... Candidate of Agricultural Sciences]: 3.00.16. Volgograd. 184 p.

Zamyatina, 2003 – *Zamyatina N.* (2003). Gorchitsa byvaet raznoi [Mustard is different]. *Science and life*. №10. pp. 100–103.

- Yasinovskiy, 2006 – Yasinovskiy G. (2006). Gorchitsa zavoevyvaet populyarnost' [The mustard conquers popularity]. *Grain*. No 10. pp 46–49.
- Beese, 1989 – Beese G. Erfahrungea mit dem Anbau von Sareptasenf in der DDR. *Feldwirtschaft*. 1989. No 12. pp 556–558.
- Chavan, 1989 – Chavan S.A. (1989). Effects of dates of sowing, plant densiti and levels of nitrogen on mustard. *J. Magarashtra agr. Univ*. No 9. pp 12–14.
- Dongale, 1990 – Dongale J. (1990). Response of mustard to irrigation and fertilizer on lateritic soil in Konken. *Fertil. News*. No 13. pp 23–25.
- Gare, 1996 – Gare B.N. (1996). Behavior of grades mustard at different terms of sowing. *J. Maharashtra Agr. Univ*. No 1. pp 147–148.
- Khan, 1991 – Khan N.A. Puridohine augments growth, uield and gualitu of mustard through efficient utilization of soil-opplied NP-fertilizers // *Acta agron. hung*. 1991. Vol. 40. No 1. pp 111–116.
- Kroschewski, 1980 – Kroschewski A. (1980). Verlustarme Ernte und Ausbereitung bei Winterraps. *Feldwirtschaft*. No 6. pp 260–262.
- Morrison, 1988 – Morrison I.N. (1988). Effekt of seeding methods and soil crasting on establishment of rapeseed and mustard (*Brassica juncea*). *Field Crops Res*. No 5. pp 2–7.
- Rollier, 1981 – Rollier M. Rekolte et andianage du colza // *Le produkteur agr. fr*. 1981. No 57.
- Sarandon, 1996 – Sarandon S.J. (1996). Respuesta de la colza - Conola (*Brassica napus* L. Sp. Olifera forma annua) a la fertilizacion con N a la siendra. Efecto sobre la acumulacion y partision materia seka, el rendimiento components. *Rev. Agron. Univ. Nac. LaPlota*. No 10. pp 12–20.
- Sass, 1985 – Sass H. (1985). Erntechn bei Raps aus der Sicht der Praktikere. *Raps*. No 3. Pp 148–149.
- Sharma, 1989 – Sharma D.K. (1989). Effekt of water stress on plant water relations and yeild of varieties of Indian mustard (*Brassica juncea* subsp. *juncea*). *Indian J. Agr. Sc*. No 6. Pp 29–31.
- Sims, 1979 – Sims R. (1979). Comparative methods of harvesting oilseed rape. *N-Z. Exper. Agr*. No 7. Pp 79–83.
- Singh et al., 1983 – Singh D. et al. (1983). Comparative response of raya (*B. juncea*) varieties and Gobhia Sarson (*B. napus*) to irrigation levels and times of sowing. *Beitr. trop. landwirtsch. Veter.-Med*. 1983. No 11. pp 23–27.
- Standfield, 1973 – Standfield J.R. (1973). Fuel in British Agriculture. *N.J.A.E. Publication*. No 3. pp 125–130.
- Stuart et. al., 1977 – Stuart B. et al. (1977). Limited of Energy Approach in defining priorities in agriculture. *J. Agriculture and Energy: New-York–San-Francisco–London*, pp 713–731.
- Teuteberg, 1981 – Teuteberg W. (1981). Der Andau von Raps. *Qualitätsrapser -zeugung Andau – und sort enratschlage*. No 4. pp 13–21.

УДК 633.844:631.5:631.95 (477.7)

Фитосанитарные и фитомелиоративные свойства горчицы как фактор стабилизации экологического состояния агроценозов Южной Степи Украины

Александр Геннадьевич Жуйков^{а, *}

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

Аннотация. В статье представлены результаты многолетних исследований фитосанитарных и фитомелиоративных свойств различных видов горчицы (сарептской, белой, черной) в контексте их положительного влияния на водно-физические свойства почв в зоне ризосферы, формирование экологического баланса агроландшафтов, степени заселенности агрофитоценозов сорняками, вредителями, фитопатогенами и на урожайность наиболее характерных для зоны выращивания полевых культур.

* Корреспондирующий автор

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

Сделан вывод о положительном влиянии введения культуры горчицы в севообороты Южной Степи Украины, в первую очередь, за счет оптимизации мелиоративного и фитосанитарного состояния агроценозов, что подтверждается результатами экспериментальных исследований (водопроницаемость корнеобитаемого слоя темно-каштановой почвы повысилась на 43,7–59,1 %, отмечено существенное снижения уровня пораженности агроценоза озимой пшеницы, посеянной после горчицы, болезнями на 17,6–42,1 %, заселенности вредителями на 2,1–8,4 шт/м², сорняками – на 2,2–3,8 шт/м²).

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о возможности оценки видов горчицы как отличных предшественников для абсолютного большинства культур, характерных для севооборотов Юга Украины (за исключением представителей семейства Brassicaceae) – в среднем за годы проведения исследований, урожайность полевых культур, посеянных после горчицы, составила 108,3–124,7 % от средней урожайности по хозяйству.

Также доказана реальная возможность получения в неорошаемых условиях урожайности кондиционных семян горчицы на уровне 0,9–1,3 т/га с показателями качества, удовлетворяющими требования, выдвигаемые к сырью пищевого использования. Также экспериментально доказана реальная возможность использования культуры в качестве отличного медоноса, способного обеспечивать сборы с 1 га производственного посева до 1,15 т меда.

Ключевые слова: виды горчицы, агрофитоценозы, предшественник, фитомелиоративные и фитосанитарные свойства, сорняки, вредители, севообороты, урожайность, качество семян, медоносность.