



# Biogeosystem Technique

Journal is being issued since 2014. ISSN 2409-3386  
2015. Vol.(4). Is. 2. Issued 4 times a year

## EDITORIAL STAFF

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

## EDITORIAL BOARD

**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](mailto:evr2010@rambler.ru)

Founder and Editor: Academic Publishing  
House *Researcher*

Passed for printing 15.06.15.

Format 21 × 29,7/4.

Enamel-paper. Print screen.

Headset Georgia.

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

Circulation 500 copies. Order № B-4.

**Biogeosystem Technique**

2015

Is. 2



Издается с 2014 г. ISSN 2409-3386  
2015. № 2 (4). Выходит 4 раза в год.

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Валерий Калинин** – Институт плодородия почв юга России, Персиановский, Персиановский, Российская Федерация (Гл. редактор)

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Благодатская Евгения** – Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Российская Федерация

**Глазко Валерий** – МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация

**Либецкий Федор** – Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация

**Минкина Татьяна** – Южный федеральный университет, Российская Федерация

**Околелова Алла** – Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация

**Сурай Петр** – компания Фит-фуд лтд., Скотланд, Соединенное Королевство

**Шени Евгений** – МГУ имени Ломоносова, Российская Федерация

**Элишбаршвили 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  
Сайт журнала: <http://ejournal19.com/>  
E-mail: [evr2010@rambler.ru](mailto:evr2010@rambler.ru)

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

Подписано в печать 15.06.15.

Формат 21 × 29,7/4.

Бумага офсетная.

Печать трафаретная.

Гарнитура Georgia.

Уч.-изд. л. 5,1. Усл. печ. л. 5,8.

Тираж 500 экз. Заказ № В-4.

C O N T E N T S

**Relevant Topic**

Biogeosystem Technique as the Method for Earth's Climate Stabilizing Valery Kalinichenko .....	104
---	-----

**The Science and the Problems of Development**

Genomic Scanning Using Inverted Repeats of Microsatellites (GAG) <sub>6</sub> C, (AG) <sub>9</sub> C Tatiana T. Glazko, Gleb Yu. Kosovskiy, Svetlana N. Kovaltchuk, Boris L. Zyбайlov, Valery I. Glazko .....	138
--	-----

**Articles and Statements**

Evaluation of Migration Ability of Zn in the Soil-Plant System Vjacheslav S. Anisimov, Lidia N. Anisimova, Ljudmila M. Frigidova, Dmitry V. Dikarev, Ruslan A. Frigidov, Ilja V. Kochetkov, Nanalia I. Sanzharova .....	153
---	-----

Capitalization of the Natural Rent in the Transport and Logistic Complex of the South Russia Tatiana Yu. Anopchenko .....	164
---	-----

Basin Approach to Spatial-Temporal Modeling and Neyroprediction of Potassium Content in Dry Steppe Soils Vitaly I. Pichura .....	172
--	-----

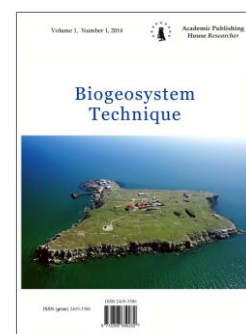
Soil Processes in <i>Haplic Kastanozems</i> of Central Anatolia (Turkey, Çumra Region): Bio- and Agrophysical Aspects E. V. Shein, S. A. Erol, E. Yu. Milanovskiy, F. D. Mikailsoy, N. V. Verhovtseva, S.I. Zinchenko, F. Er, S. Ersahin .....	185
---	-----

Carbon Stock in Soil and Vegetation of South Taiga Post-Agrogenic Ecosystems (Kostroma Region) Valeria M. Telesnina, Michael A. Zhukov .....	189
--	-----

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 4, Is. 2, pp. 104-137, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.104

[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)

### Relevant Topic

UDC 551.588: 631.4:574:55:91:33:62

### Biogeosystem Technique as the Method for Earth's Climate Stabilizing

Valery P. Kalinichenko

Institute of soil fertility of South Russia, Russian Federation  
Dr (Biology), Professor  
E-mail: kalinitch@mail.ru

#### Abstract

Models of the Earth's climate dynamics are unstable. Climate engineering is focused on the transformation of Earth's climate, but its methods are largely inconsistent concerning the nature of the Biosphere. The cycles of matter on the Earth are mostly closed in the oceans, geological deposits, which leads to the impoverishment of the Biosphere and periodic catastrophic end of its next cycle. Actual industrial technology platform tends to raise the degree of uncertainty of the Biosphere and the Earth's climate, including incorrect application of economic instruments. systemic weaknesses of modern simulating industrial technologies of ecology, land use and nature use, industry, agriculture, urbanization, focused on solving particular problems of bottlenecks and unable to resolve the problem of stabilizing climate. It causes man-made degradation of the biosphere and the probability of loss of life on Earth

The Biogeosystem technique is proposed. It is the scientific and technical branch, precluding a confrontation between the Humanity and the Biosphere. Biogeosystem technique allows you to correct the status of disperse system of soil, manage its material composition, including moisture content, aggregate properties, to improve the conditions of the plants, minimize the consumption of energy and matter per unit of biomass due to the correct management of biological processes. It is possible to renew and multiply the resources to expand and increase the biosphere biomass to produce more food, raw material and biofuels, reduce the cost of energy and material by robotics.

On the basis of Biogeosystem technique is proposed the algorithm for damping Earth's climate uncertainty. The main motive of the algorithm – to strengthen and evenly disperse the photosynthesis in the Earth's biosphere, which will reduce the feedback time of greenhouse gases recycling directly in photosynthesis (carbon dioxide) in the atmosphere (air ionization by photosynthesis enhance the natural oxidation of methane in the atmosphere), to extend the biological phase of carbon and other substances.

**Keywords:** Biosphere, climate change, Biogeosystem technique, climate control.

#### Введение

Погода, климат являются жизненно важным предметом научного и практического интереса [1]. Начальный этап биосферы Земли был одновременно и началом современного климата [2]. Деятельность микроорганизмов, в том числе цианобактерий, в основном определила динамику и состав атмосферы [3], формирование почв, облик биосферы,

глобальный климат. По мере развития жизни, она приобретала все большее значение в геологическом процессе. Продукты жизнедеятельности бактерий выступали в роли связующего вещества, обеспечивавшего формирование морские и сухопутные осадочные геологические отложения. Этим все большая часть вещества исключалась из активной биологической фазы. Об этом свидетельствуют данные геологических, палеонтологических, биологических и других исследований [4, 5]. В результате современная биосфера [6] имеет значительно меньшее простираение по поверхности Земли, масса современного продукта биосферы тоже значительно меньше, чем раньше, роль биосферы как глобального климатического фактора сокращается. Возрастает неопределенность биосферы, гидрологических явлений, климата. При хозяйственном использовании почв их ресурсы только за последние сто лет резко ухудшились [7]. Поскольку в процессе эволюции геосфер биосфера играет роль демпфера, ослабление ее функций ведет к усилению флуктуаций климата, есть вероятность, что усилятся проявления циклов оледенения. О возрастании неопределенности геосфер ведут речь многие исследователи.

В настоящее время предметом общественного интереса, в том числе, значительной части научного сообщества, является распространенное мнение о современном потеплении климата Земли. В частности, ведут речь о таянии ледников. Однако признаком потери воды из ледников в отсутствие современных масштабных тектонических явлений, которые могли бы изменить форму и распределение объемов Мирового океана, может быть только прирост уровня Мирового океана. Это показано многими исследованиями на качественном и количественном уровне для прошлых этапов оледенения Земли. Но современный уровень Мирового океана стабилен. В некоторых случаях ведут речь о его приросте на 20–50 мм за 30–50 лет, в других – о стабильности, иногда – даже о незначительном снижении. Столь незначительные колебания обусловлены отсутствием надежного уровня отсчета, недостаточна база наблюдений, динамика имеет характер математического шума, налицо текущее климатическое равновесие с флуктуациями уровня – стадия между прошедшим и будущим оледенениями [8, 9]

Иногда для убедительности апокалипсической картины приводят съемки обрушающихся ледников Гренландии. Но этот квазистационарный процесс имеет место всегда в створах выхода ледника к морю или океану. Устья ледников достаточно редки вдоль береговой линии, как устья рек на суше. А в целом весь ледник Гренландии стоит незыблем. Ледовый покров на Земле в настоящее время преимущественно перераспределяется в пространстве.

Несмотря на недостаточную изученность многогранного явления флуктуации климата Земли, превалирует точка зрения о том, что современный климат Земли характеризуется потеплением. Причиной потепления объявлен антропогенный эксцесс углерода за счет сжигания ископаемых углеводородов.

### **Моделирование климата**

Главным агентом парникового эффекта является водяной пар. Моделирование климата в качестве основы прогноза предполагает учет как можно большей суммы закономерностей, связей и параметров. Большинство исследователей полагают, что углекислый газ в атмосфере является признаком потепления [10]. При моделировании климата значительную роль отводят метану ввиду наличия глубоких вращательных полос поглощения его молекул в инфракрасном спектре [11] и источникам метана, в том числе, антропогенным [12-18], оксиду азота [19], антропогенным аэрозолям. Рассматривают эоловый сток углерода с суши в океан [20], погружение частиц органического углерода в Мировой океан как ключевой компонент глобального цикла углерода [21], гетерогенность растворимых соединений органического углерода в прибрежной зоне Мирового океана, дельтах и на прибрежной территориях, что обусловлено сосредоточенными эоловыми и гидрологическими потоками органического вещества с суши [22, 23]. В водных системах в результате загрязнения и сброса биогеоносов распространена гипоксия [24]. Моделируют влияние на климат сельскохозяйственной деятельности [25]. В некоторых глобальных моделях климата явно учитывают роль растительности и констатируют ее как значимую [26, 27]. Отмечают неустойчивость моделей климата [28-30]. Важным результатом исследований

полагают установление возрастающей неопределенности климата и его составляющих, констатируют необходимость мониторинга и предсказания циклов климата [31].

Многие исследования представляют собой, по-сути, в той или иной степени детальное описание белого шума Земли, который она предъявляет исследователю в виде инструментально получаемых наземных и дистанционных данных, в том числе, в различных диапазонах электромагнитных колебаний. Природа изменчивости данных о климате и его факторах разнообразна. Это космические, геологические (в том числе, плутонические, теллурические, непунические) факторы. Также варьирование обусловлено биологическим процессом, циклами вещества, в том числе, воды. Есть многие другие причины колебания данных наблюдения. Так что изменчивость данных для столь крупного объекта исследований, в основном, отражает их значение на уровне статистической ошибки, причем безотносительно природы явления. Возможности управления тем или иным явлением, тем более, климатом в целом, требуют более серьезной эвристической базы, чем простой срез текущего состояния системы. Утрата устойчивости действующих моделей климата, необходимость постоянной отладки и коррекции параметров, причем даже на самых коротких геологических отрезках времени – тому подтверждение. Увы, пока климатологи оперируют, в основном с белым шумом прошлого, но интерес представляет климат будущего. И он вовсе не обязательно будет продуктом расчета автокорреляции по косвенным данным, или астрологических гаданий по звездам, которые в смысле глубины ретроспекции циклических явлений на Земле более обоснованы, ведь у астрологов стабильная инструментальная база – звезды как система отсчета и соотнесения информации – не меняется в течение тысячелетий.

В целом, в научной сфере описания и моделирования климата царит покорность судьбе и безысходность.

### **Климатическая инженерия**

Климатическая инженерия, наоборот, ориентирована на преобразование климата, но настолько экзотическими способами, что они могут быть опасны для климата Земли [32]. Основная опасность климатической инженерии в том, что она противопоставляет свои методы биосфере.

Разработкой вариантов преодоления потепления климата заняты целые научные направления, по этим направлениям в вузах ведут подготовку специалистов [33]. В качестве неприемлемых способов преодоления последствий климатических изменений заявлены:

✓ секвестр углерода из атмосферы. В частности тиражируют грубейшую ошибку – положительно оценивают роль стока углерода в Мировой океан как способ утилизации антропогенного эксцесса углерода [34];

✓ ограничение промышленной деятельности с целью исключения эксцесса углерода;

✓ управление солнечной радиацией вплоть до установки космического экрана.

Относительно приемлемая цель – выращивание деревьев с целью биологического секвестра углерода.

Но как эту хотя бы одну цель реализовать сейчас, когда биосфера находится на стадии деградации, если условия, которые были на Земле в Карбоне, когда на Земле имелась хорошая возможность изменения климата за счет флоры, давно прошли, да еще и реализовать в рамках неэффективной устаревшей индустриальной технологической платформы, не обсуждается. То же в отношении имеющегося понимания значимости точек перелома и положительной обратной связи в динамике климатической системы, которые действительно тесно связаны с возможностями биосферы. Но эти самые возможности управляемы!

При этом как-то вне сферы внимания и интереса оставляют то обстоятельство, что кроме потепления климат Земли отличается также и этапами похолодания. Кроме прироста уровня Мирового океана, который в настоящее время при всем желании нельзя назвать существенным, можно рассматривать только неопределенность климата Земли, да и то лишь в аспекте недостаточной информации, вполне можно рассматривать также его флуктуацию в противоположном направлении, и ожидать похолодания климата. В настоящее время на Земле пройден пик межледникового периода, климат Земли медленно скатывается к оледенению. С достаточной степенью очевидности можно полагать,

что если принять меры к уменьшению весьма гипотетического текущего потепления климата Земли, да еще и если эти меры вдруг окажутся действенными, и средняя температура на Земле понизится, как об этом мечтают апологеты секвестра углерода и других не менее экзотических теорий, то не окажется ли это сбывшееся желание закатом цивилизации и жизни на Земле? Ведь система геосфер очень нестабильна, поэтому вполне может в очередной раз войти в режим неконтролируемой обратной положительной связи, и снова оказаться в состоянии Snowball-Earth [35]. Возможно, это только гипотеза, и жизнь на Земле сохранится. Но ответ на такой вопрос лежит в той же области предположений, как и нынешнее кажущееся потепление.

В действительности мы по мере развития методов исследования начинаем наблюдать все новые ранее недоступные инструментальному определению, а то и наблюдению вообще, явления и закономерности. Их надо объяснить. Но вместо этого на первом этапе изучения новых свойств природы состояние неопределенности новой информации о нем приводит к тому, что именно это состояние информации, но не ее источник, объявляют новым свойством геосфер. Но, во-первых, это не всегда так, во-вторых, геосферы всегда непостоянны, и в этом нет ничего нового. Об этом просто надо знать и учитывать, моделируя, прогнозируя и организуя поведение Человечества и биосфере. Постольку поскольку это единственная геосфера, в которой можно жить. Пример торговой сети Мега с охлажденным и немного очищенным воздухом, или аппаратов для пребывания в мезосфере в состоянии невесомости (так называемые космические полеты, хотя от линии Кармана до Космоса еще очень далеко), после которых даже тренированные люди с трудом восстанавливают жизненные функции – пример противоестественный и чрезвычайно дорогой в реализации. Все это не может быть привлекательно даже для тех немногих представителей человечества, кто надеется, что после краха биосферы будет иметь возможность таким образом сохранить себе жизнь. Можно попутно также заметить, что в таком варианте искусственного биологического отбора человечество вряд ли сохранит способность к выживанию.

Проблема управления климатом Земли еще серьезнее, чем об этом ведут речь глашатаи современного во многом мнимого потепления.

Реальная опасность состоит в том, что антропогенная деятельность ведет к увеличению скорости захлопывания биосферы, причем секвестр углерода, затенение Земли, ограничение добычи углеводородов, прекращение деятельности, только ускорят этот процесс.

Развитие биологического процесса приводит к его последующему угасанию по мере проявления слитогенеза, переносу и переводу материала в состояние литосферы, сбросу в атмосферу и Мировой океан. Возврат продуктов прошлого биологического процесса и слитогенеза на новом этапе биологического процесса Земли происходит через миллионы лет по мере переплавки в мантии погружающегося в глубь Земли материала континентальных плит с последующим извержением этого материала в трансформированном пригодном для биологической активности виде в зонах спрединга, вулканизма.

В настоящее время на дне океана слой в прошлом континентальных отложений составляет в среднем 500 м. При таком богатстве биологическая продуктивность подавляющей части просторов Мирового океана находится всего лишь на уровне наземных пустынь. В пелагических областях Мирового океана слой отложений континентального происхождения меньше, вещественный состав отличается от приконтинентальных областей [36]. Но и это отличие не следует рассматривать как связанное с изолированностью удаленной части океана от континентов. Просто имеет место иной характер отложений. Они накапливаются в пелагических областях, поступая туда с континентов, но не гидрологическим, а преимущественно эоловым путем.

Глобальным стабилизатором климата Земли, источником продовольствия, биотоплива полагают Мировой океан [37]. Но если человек сухопутное существо, то, пока имеется возможность, следует сосредоточиться на обустройстве этой части Земли. Тем более что в океане множество консументов. Они потребляют практически все биологическое вещество, произведенное в океане, а продукты жизнедеятельности опускаются на дно океана и превращаются в метан и осадочные породы. Имеем пример Саргассова моря, где со дна

периодически поднимаются огромные пузыри метана. В результате эффекта водяного эрлифта, локальной турбации атмосферы с изменением плотности при смешивании с метаном это обуславливает морские и воздушные катастрофы в Бермудском треугольнике.

Цикл углерода в Мировом океане преимущественно замкнут внутри него, причем не удается выполнить даже приблизительную количественную оценку баланса углерода в Мировом океане. Если пользоваться данными о выделении углекислого газа из океана, или напротив, моделировать водные системы в склянках, то продуцирование углерода оказывается в 4-5 раз меньше, чем реально учтенный объем деструкции биологического материала [38].

Следовательно, необходимо заботиться о сохранении и биологической функции вещества в наземной биосфере в целях управления климатом. Это позволит исключить угасание биосферы.

Человечество размещается на суше, преобразует ее своими технологиями, следуя за обусловленным интеллектом стремлением изменить мир.

В качестве опоры интеллекта на биосферу до настоящего времени применяют имитацию:

- ✓ в разрыхленной копытом оленя почве растений растет лучше – земледелие, рекультивация, охрана, мелиорация;
- ✓ в увлажненной почве растение растет лучше – ирригация;
- ✓ отходы жизнедеятельности животных поступают в почву и питают растение – агрохимия, промышленная технология, охрана природы;
- ✓ нанопроцессы в живой клетке – будем извлекать прибыль, копируя явления природы.

Современная философия техники – это создание артефактов, обеспечивающих органопроектирование [39, 40], т.е. «удлинение рук цивилизации». Технические средства полагают трансцендентальными артефактами, коль скоро они не имеют прямых аналогов в природе. Но с помощью необычных артефактов имитируют обычные явления. Трансцендентальное начало интеллекта используется частично, а в смысле результата процесса, трансцендентальной новизны – вообще никак. Более того, полагают, что результат должен быть аналогичным природе, но быть большим по объему – производим товар. В действительности имитируют только известную часть явления, причем лишь в пределах возможностей, которые предоставляет выбранный для этого артефакт техники. А неизвестные результаты появляются потом – имитацию природа не прощает.

Есть примеры такого применения артефактов техники:

✓ рыхление верхнего 0-5 см, до 0-30 см слоя почвы – минерализация органического вещества. Рыхление до 0-120 см пассивными рабочими органами в целях мелиорации – временный быстро угасающий эффект. Дисперсная система почвы характеризуется все большим количеством тупиковых пор [41, 42]. Происходит деградация почв и ландшафтов [43, 44];

✓ увлажнение почвы в современной ирригации выполняют потоком просачивающейся воды – подают огромное избыточное количество воды. Иначе она не будет перемещаться в почве под действием гравитации и капиллярных сил, потеря воды на испарение и неконтролируемое просачивание [45-47], избыточное уплотнение, увеличение количество тупиковых пор, засоление, ухудшение минералогической композиции [48] и уничтожение почвы [49, 50]. Распространен неверный менеджмент [51]. В результате происходит деградация почв и ландшафтов. Причем те же проблемы имеют место при капельном поливе или любой иной модернизации полива, поскольку остается неизменной устаревшая технологическая платформа ирригации – имитационная гравитационная континуально-изотропная [52-55]; Усиливается гидрологическая неопределенность Земли, возрастает риск снижения водности источников орошения [56-58].

✓ отходы жизнедеятельности животных, человека в существующих технологиях размещают в почве, часто – на почве, еще чаще сбрасывают в водные системы или подвергают захоронению в наземных экосистемах. Избыточная концентрация вещества ведет к его потере в атмосферу, просачиванию вглубь, загрязнению, распространению инфекций и опасных веществ, генетической неустойчивости [59-65]. При внесении в почву навоза, помета по известным технологиям имеет место потеря питательных веществ [66, 67].



При сосредоточенном хранении отходов исключены возможности их положительного влияния на биосферу как источника вещества. Наоборот, происходит отравление экосистем ксенобиотиками. По этой причине опасные биологические вещества в почву не вносят вообще, поскольку отсутствует надежная заделка внесенного материала, возможно распространение инфекций по трофическим цепям, водным и эоловым путем. Несмотря на регулирование [19, 68], идет необратимый секвестр углерода из биосферы. Современные геоинформационные системы используются для реализации необратимо устаревших технологий [69-72]. фоне утраты вещества из наземных систем усиливается эвтрофикация и гипоксия в водных системах [73], деградация;

- ✓ имитация нанопроцессов в биотехнологии – укорочение биосферного цикла вещества, потеря вещества из биосферы, получение противоестественных вещества и продуктов (характерно и для предшествующих пунктов), деградация;

- ✓ секвестр углерода – полная деградация биосферы ввиду утраты материала для синтеза живого вещества;

- ✓ отторжение площади земель у биосферы 42 % [74].

Трансцендентальный артефакт в современной философии техники понимают неверно – как любое свершение технической мысли. В результате управление веществом и энергией выполняют с неудовлетворительными результатами, в том числе, с опасностью для климата Земли. Актуален поиск новой парадигмы развития [74-77].

### **Индустриальная технологическая платформа как причина повышения степени неопределенности климата**

И. Кант предостерегал – на трансцендентальном пути от известного к неизведанному можно попасть в область трансцендентных химер. Оттуда нет пути назад. Современный этап цивилизации – во многом такое «попадание».

Изучают технологические уклады [78] вслед за Западом, изучающим волны инновации. И то, и другое – описание уже случившегося свершения интеллектуального процесса. Но не знают, что побуждает волны инновации. Потому пока остается только рассуждать о подчиненной промышленности роли современной науки [79], клинической смерти российской экономики [80], сужении ресурсной базы [81], корпоративной социальной ответственности [82], имитации природы в нанотехнологиях [83]. Есть заблуждение, которое черпают из англоязычной литературы [84], о мнимой перспективе методов когнитологии для разрешения проблем цивилизации. На самом деле когнитология в состоянии воспроизвести только интеллект среднего уровня, т.е. лишь обслужить современную индустриальную технологическую платформу, Не надо обслуживать современную индустриальную технологическую платформу. В действительности она подлежит слому.

Современный экономический подход имеет явно выраженный приоритет хрематистики – денежной стороны экономики, извлечения прибыли [85]. Да, получив доступ к финансам, в наше время предпочитают банковские механизмы, тот или иной способ перераспределения ресурсов и социальных возможностей доступа к благам цивилизации, которые во многом иллюзорны. Ввиду того, что хрематисты не хотят знать, откуда в действительности происходят возможности мира, перераспределением которых они занимаются, ресурсы этого мира сокращаются. По некоторым оценкам, в течение второй половины XX и начале XXI века ресурсы сократились на 60 % [86], по другим оценкам, сырья для атомной энергетики хватит на 20, по другим – на 50–80 лет [87].

Современный подход экономики не рассматривает, где, на Земле, на Луне, будет извлечена прибыль, что являет собой тупик ввиду ограниченных возможностей биосферы, с которыми пора считаться. В биосферу надо встраиваться трансцендентальными технологиями биогеосистемотехники, доделывающими за природу то, что она оставила нам в виде возможностей развития. При этом получая новые возможности развития технологии, новые ресурсы, высокое качество и устойчивость биосферы, экономическую выгоду. Хрематистика имеет подчиненное предназначение обслуживать этот институциональный биологический, технический, экономический и общественный процесс. В свое время, когда технологические возможности цивилизации еще не были опасны для биосферы,

ростовщичество позволяло извлекать выгоду. Сейчас, ввиду кризиса взаимоотношений с биосферой, путь ростовщичество опасен даже для ростовщиков – биосфера как регулятор климата в опасности, и ей нет альтернативы [89].

Большинство артефактов современной техники, технологии, антропогенных преобразованной биосферы не надо модернизировать, от них следует отказаться [90]. На старой базе Sustainable Development [91, 92], Green Economy [93] невозможно реализовать. Впрочем, Sustainable Development, Green Economy и без того не предназначены для всего мира.

Старые технологии не настроены для применения в биосфере, поэтому усиливают ее неопределенность (слово «uncertainty» только в названиях докладов на Ассамблее Европейского союза наук о Земле, EGU2014, Вена, использовано более 100 раз), плодят в мире голод [94].

Потому надо менять стратегию развития, применять не старый способ перераспределения, а сменить приоритет – опираться на интуицию и эвристический подход как залог стабилизации климата Земли [95, 96].

### Методы

Биогеосистемотехника – научно-техническое направление, применение которого исключает противостояние Человечества и Биосферы, преодолевает системные недостатки современных имитационных индустриальных технологий экологии, природопользования, промышленности, сельского хозяйства, урбанизации, ориентированных на решение узких частных задач, обуславливающих техногенную деградацию биосферы и вероятность утраты жизни на Земле [97-99].

Основа технологий биогеосистемотехники – контролируемое состояние дисперсной системы почвы, управление ее вещественным составом, в том числе влажностью, агрегатными свойствами, улучшение условий развития растений, минимизация расходования энергии и вещества на создание единицы биомассы за счет корректного управления протеканием биологического процесса, возможность расширения биосферы, увеличения ее биомассы. Уменьшение затрат энергии и материала путем роботизации.

Возможности биогеосистемотехники [100-125]:

- ✓ прибавка урожайности 30-60 %;
- ✓ экономия воды 10-30 раз (с фокусом на опреснение);
- ✓ утилизация отходов с биосферным и производственным эффектом;
- ✓ замыкание цикла вещества в биосфере и увеличение ее емкости;
- ✓ увеличение возможностей и повышение экологического качества биотехнологий;
- ✓ сохранение и воспроизводство ресурсов и биосферы;
- ✓ создание принципиально новых промышленных производств принципиально новой техники для преобразования биосферы, в том числе, для решения задач рециклинга отходов, повышения производства продовольствия, сырья, биотоплива;
- ✓ создание принципиально новых сельскохозяйственных производств, в том числе, машинно-технологических станций повышения плодородия почв;
- ✓ обеспечение занятости населения в престижных сферах деятельности;
- ✓ в перспективе экспорт высоких технологий биогеосистемотехники.

Реализация биогеосистемотехники

#### Обработка почвы

Почву обрабатывают в слое 20–50 см горизонтальным ротором с фрезами. Создают рыхлый дисперсный слой для размещения корней и питательных веществ, обеспечено благотворное влияние на верхний слой почвы 0–20 см, формируется новый вектор устойчивой эволюции почвы. Прибавка урожайности 30–60 % в течение 40 лет после однократной обработки [100, 101].

#### Рециклинг отходов

Почву обрабатывают горизонтальным ротором с фрезами в слое 20–50 см. Одновременно с созданием рыхлого дисперсного слоя для размещения корней и

питательных веществ в него в форме пульпы, сухом сыпучем или гранулированном виде вносят органическое, минеральное вещество, отходы [102-106]. Возможная норма внесения вещества за счет разбавления в почве в 3–5 раз больше, чем при стандартной утилизации. Обеспечен равномерный контакт исходной и внесенной дисперсных систем, синтез вещества внутри дисперсной системы [107]. Исключено влияние высоких концентраций вещества на неустойчивые молодые растения. Удобрительное действие на биоту почвы – микроорганизмы выдерживают превышение ПДК в 20–200 раз без ущерба органогенезу и перерабатывают загрязнения. Исключено неконтролируемое распространение вносимого материала и инфекций. Прибавка урожайности 20–30 % в течение 40 лет после однократной обработки. Достигается секвестр углерода из атмосферы в биологическую фазу, увеличивается масса углерода и биологического вещества в биосфере, в том числе, за счет продуктов сгорания ископаемых углеводородов. Обеспечивается создание геохимических барьеров [108], что позволяет утилизировать под почвой радиоактивные отходы методом рассредоточения, безопасная утилизация биологических отходов [109-114].

#### Ирригация

Воду для увлажнения ризосферы подают внутрь почвы контролируемыми порциями импульсами и обеспечивают распределение в виде замкнутого цилиндрического контура, диаметр 2–4 см, по вертикали 10–50 см [115-117]. Предпочтительно применять после обработки почвы фрезами на горизонтальном роторе в слое 20–50 см. Влажность почвы меньше чем при стандартной ирригации. Не разрушается структура почвы. Нет испарения воды с поверхности. Нет просачивания воды вглубь. Растения не расходуют влагу на избыточную транспирацию. Оптимальный почвенный раствор. Минимальный расход энергии и вещества на питание растений. Максимальный темп нарастания биомассы. Экономия пресной воды 10-30 раз.

#### Фертигация

Воду для увлажнения и питания ризосферы подают с пульпой из органического, минерального вещества, промышленных, бытовых, биологических отходов и стоков внутрь почвы контролируемыми порциями и обеспечивают распределение материала в виде замкнутого цилиндрического контура, диаметр 2–4 см, по вертикали 10–50 см. Предпочтительно применять после обработки почвы фрезами на горизонтальном роторе в слое 20–50 см. Влажность почвы меньше чем при стандартной ирригации. Не разрушается структура почвы. Нет испарения воды с поверхности. Нет просачивания вглубь. Растения не расходуют влагу на избыточную транспирацию. Оптимальные условия для микробиологических процессов, синтеза элементов питания [118-122]. Минимальный расход энергии и вещества на питание растений. Максимальный темп нарастания биомассы. Экономия пресной воды 10–30 раз. Концентрацию пульпы изменяют согласно влажности почвы, вплоть до максимальной с точки зрения обеспечения впрыска при высокой влажности почвы. Рециклинг вещества, в том числе стоков. Исключен сброс стоков в водные системы. Экологическая, биологическая и санитарная ветеринарно-медицинская безопасность водных и наземных систем.

#### Следствия биогеосистемотехники

Расширение ареала растительности ослабляет транспортирующую способность воздушных масс у поверхности земли, корневая система и опад фиксируют почву, что ослабляет эрозионный процесс. Усиливается роль биологического фильтра, на котором идет осаждение и пассивирование активным кислородом фотосинтеза и фитонцидами вещества и инфекции из стадии эолового переноса.

Ввиду снижения расхода энергии, воды и вещества на создание единицы биологической продукции реально применение методов опреснения воды для целей биогеосистемотехники, улучшение питания растений водой путем сочетания внутрипочвенной импульсной континуально-дискретной ирригации и росой [123]. Будет усилен круговорот воды на Земле. Приоритетное развитие засухоустойчивых растений [124] обеспечит дополнительное использование солнечной радиации, экранирование поверхности и охлаждение областей Земли, имеющих повышенную инсоляцию.

Аристотель указывал, что природа беззаботна, не доводит до конца свои свершения, и человек в состоянии доделать, то, что она не завершила [125].

И. Кант предупреждал, что при создании трансцендентальных артефактов не следует копировать природу, надо применять эвристический метод разумной интуиции.

Создание артефактов техники следует полагать подчиненным не просто критерию новизны облика и функции, как это принято, но, основное, позиционировать акт синтеза надежного артефакта техники [126] так, чтобы посредством его использования получить артефакт трансцендентальной технологии. Технологии, которая не имеет прямой аналогии с природой и при этом построена так, что ее применение в биосфере позволяет трансцендентальным (не имитационным) путем обойти деградиционный сценарий биосферы, которые обычно обуславливает попытка прямой имитации природы, и таким образом запустить длительную устойчивую эволюцию биосферы. Опять же, трансцендентальную эволюцию, которая, важное обстоятельство, будет иметь квалифицировано выверенный вектор, даст новое, не имеющее аналога в природе, качество биосферы.

В основе биогеосистемотехники лежат современное понимание приоритета теоретического знания, разумная интуиция, эвристика. Это упреждающий путь, который имеет множество негативных исходов, требует квалификации и везения в открытии целесообразных, а не любых путей развития техники и технологии в биосфере, но является единственным возможным выходом для преодоления системного дефекта имитации природы.

Биогеосистемотехника предполагает использование известных методов исследования вещества, но принципиально новые трансцендентальные методы воздействия на вещество в биосфере. Это обеспечивает трансцендентальную секвенцию циклов вещества в процессе синтеза живой материи Земли, исключая накопление экологических проблем, прирост нормы биомассы, ускоренный возврат вещества в биологический процесс, удлинение биологической фазы вещества, снижение нормы энергии, воды и вещества на производство единицы живого биологического вещества, долгосрочного увеличения биомассы Земли.

Биогеосистемотехника – управляемое контролируемое антропогенное возмущение биосферы с целью получения ее нового экологически безопасного устойчивого состояния, благоприятного для жизни, расширенного и экономически выгодного развития технологии, воспроизводство ресурсов и условий жизни без ущерба длительной перспективе биосфере. Биогеосистемотехника позволяет улучшить плодородие почв, выполнить рециклинг отходов, повысить биологическое разнообразие и устойчивость биосферы. Биогеосистемотехника – это экологически и экономически обоснованные, апробированные в производстве институциональные технические решения.

Биогеосистемотехника развивает философию техники в сфере трансцендентального управления текущей и долгосрочной эволюцией геосферы, используя возможности роботизации (ни в коем случае не антропоморфные роботы, или роботы, воспроизводящие известные артефакты техники на безлюдной основе!), обеспечивает воспроизведение и наращивание ресурсов, и является эвристической основой непротиворечивого встраивания Человечества в Биосферу – технологической платформой ноосферы.

## **Обсуждение**

### **Инструменты управления климатом Земли**

Если применить секвестр углерода, то неопределенность (*uncertainty*) климата, гидрологических и других закономерностей Земли может стать еще более неустойчивой [16], соответственно, темп и степень вариации климата Земли возрастет с непредсказуемыми пока в деталях, но катастрофическими последствиями. Известно, что при типичной для Земли скорости изменения общего и локального климата биологические объекты успевают подстроить к этому свой генетический аппарат. При быстрой смене климата скорость этой подстройки оказывается недостаточной, и происходит вымирание большинства биологических видов. Раньше это приводило только к секвенции, смене биологических видов, а условия жизни на Земле, в принципе, сохранялись. Но сейчас, ввиду появления сильного антропогенного возмущения климата, все может закончиться деградиацией биосферы, потерей атмосферы и окончанием жизни на Земле.

Как ни странно, но подобный исход Природа уже предъявляет для обозрения в относительно замкнутых пресноводных системах – небольших прудах. Это замор рыбы. Если количество органического вещества в воде увеличивается, то большая часть кислорода идет на его окисление, норма кислорода в воде понижается, рыба гибнет. Описано несколько видов замора. Наиболее показателен ночной замор – ночью фотосинтез прекращается, цианобактерии, растения не продуцируют кислород, количество кислорода в воде уменьшается, от этого страдает рыба. Но с первыми лучами солнца фотосинтез активизируется, и замор исчезает. По сути – это модель климата Земли. На примере этой, к счастью, эфемерной прекрасно регулируемой в природе катастрофы, очевидно, что методами биосистемотехники, управляя веществом, водой, биомассой, нормой и соотношением кислорода и парниковых газов вполне может обеспечивать упреждающее регулирование климата на Земле. Возможно создание приоритетных условий обитания для нынешних и будущих биологических видов, увеличить биоразнообразие, нарастить производство сырья, обеспечить новое индустриальное развитие человечества с большей степенью определенности (*certainty in spite and instead of uncertainty*). Это – вместо нынешних всеобщих стенаний о неопределенности (*uncertainty*) климата, гидрологических и атмосферных явлений, а то и удовлетворения от того, что сбылся чей-то апокалиптический прогноз.

Если применить методы более интенсивного вовлечения углерода в биосферный цикл, оптимизировать цикл углерода и других элементов на Земле, то это позволит увеличить производство живого органического вещества, переработать эксцесс углерода нынешнего индустриально этапа цивилизации, улучшить качество биосферы для проживания, расширить возможности новой индустриализации [127] на этапе ноосферы.

Судя по геологическим отложениям, история Земли имеет несколько этапов сворачивания биологического процесса. Биологически обусловленный материал залегают слоями в десятки и сотни метров, т.е. Земля уже не раз захлебывалась в продуктах жизнедеятельности организмов, а затем – и в останках этих организмов, не выдержавших биологического пресса отходов и конкуренции. Так, на пути кризисного развития биосферы цианобактерии, производя кислород, уступили часть жизненного пространства организмам, жизнь которых стала возможной в результате появления газообразного кислорода. Обе субстанции, и отходы, и их продуценты превращались в ископаемые углеводороды или осадочные породы, склеивая минеральный материал. Известно, что биологический материал – лучший клей (в частности, одно из лучших строительных вяжущих веществ – известковый раствор, который с течением времени становится только крепче). Потому все большее количество вещества переходило в абиотическую форму, недоступную биосфере. В настоящее время в почвах подавляющее большинство пор являются тупиковыми, недоступными растениям. Это результат седиментации и слитогенеза [128]. Седиментация ведет к утрате вещества и захлопыванию биосферы. Наличие тупиковых пор в почвах подтверждено исследованиями последних лет на томографах [41].

Можно привести результаты более простых и одновременно более показательных исследований. Наблюдают развитие растений в лабораторных условиях в вегетационном сосуде, на крыше здания в стыках элементов кровли, у края асфальтового полотна, присыпанного свежим наносом. Ризосфера размещена в свежей дисперсной системе, искусственной, или сформированной из естественного наноса эолового или гидрологического происхождения. Свежая дисперсная система имеет преимущественно открытые промежутки между гранулометрическими отдельностями, мелкие ценные с агрономической точки зрения агрегаты почвы. Проникновение корней не ограничено, весь материал стартовой почвы буквально пронизан ризосферой. Количество корней, пересекающих единицу поверхности стенки почвенного разреза, в десятки раз превышает показатель, наблюдаемый в нативной почве. Питательные вещества, содержащиеся в дисперсной системе, легкодоступны растениям. Физическое испарение влаги минимизировано в отсутствие трещин в дисперсной системе. Влага хорошо сохраняется, также она имеется в перекрытых от испарения внутренних емкостях структуры, на которой началось формирование стартовой почвы, например, кровли, или идет подпитывание влагой от латерально сопряженного элемента дневной поверхности. Слой стартовой почвы составляет 3–8 см, но, несмотря на нетипично малую мощность с точки зрения

генетического почвоведения, на этой почве развиваются растения, морфометрические показатели которых соответствуют параметрам растений, развитых на природных почвах мощностью 1 м.

Это – результат тотального педогенеза, турбации субстрата, в котором развивается жизнь.

Интенсивная динамика любой популяции характерна для ее пограничных состояний, смены условий развития. Например, выжигание стерни после уборки урожая зерновых в первые две недели приводит к снижению численности актиномицетов в слое почвы 0–2 см в 2–3 раза, но к третьей неделе после выжигания наступает всплеск численности актиномицетов в три раза по сравнению с уровнем до выжигания [129].

Циркуляция воды увеличивает биологическую продуктивность водной системы. Достигается подъем биогеонов со дна, перемешивание, контакт биокосных субстанций и их потребление биологическими объектами. На дне фосфора в десятки раз больше, чем в воде [38].

### **Универсальный эффект турбирования вещества в геосферах**

Перемешивание воды в водной системе, рыхление дисперсной системы почвы обеспечивают контакт агентов биологического процесса на уровне его ведущих участников, продуцентов – микробов, микроскопических растений и животных. В биологический процесс вовлекается находящееся в неглубокой стадии седиментации биокосное вещество, по сути – ископаемый материал, возвращенный в биологический процесс раньше, чем это могло случиться в результате тектонических явлений – спрединга, субдукции, обдукции, коллизии. Возникают новые контакты между носителями жизни и ее продуктами – улучшение условий питания и жизни, своего рода «обновление крови». Если нет дисперсной системы, условий контакта, в котором еще возможна жизнедеятельность, то наступает контакт избыточно уплотнения, основные продуценты вымирают, начинается процесс седиментации и образуется депозит наземный? или водный депозит осадочной породы, содержащей углерод, накопленный в прошлом живыми существами.

Без принятия мер биогеосистемотехники к управлению биосферой устаревшие технологии индустриальной технологической платформы будут продолжать иллюзию технологического развития, по это будет плодить голод, отходы, угасание биосферы и усиливать неблагоприятную флуктуацию климата Земли.

Биогеосистемотехника – принципиально новый драйвер климата. С его появлением действующие климатические модели становятся беспомощными, поскольку не в состоянии учесть новые пути продуцирования вещества и газов, новые увеличенные потоки вещества и энергии, не имеющие аналогов в природе.

### **Моделирование климата с фокусом на управление климатом**

Общей чертой современных климатических моделей является их безысходность для цивилизации. Только некоторые модели учитывают биологический фактор климата. Ни в одной модели не учитываются наши представления о биогеосистемотехнике как о возможности с экономической выгодой кардинально изменить потоки вещества в биосфере, увеличив биомассу, используя ее стабилизирующую роль как демпфера климата. Можно обеспечить определенность, предсказуемость климата. При этом получая принципиально новые возможности изучения отклика геосфер на кардинально измененный способ стимуляции их биологической функции, соответственно, принципиально новый отклик на применение наземных и дистанционных исследований. Ведь, например, изучение наземных систем под влиянием атмосферных осадков, ирригационных систем обычно в качестве объекта исследования имеет высокое суммарное испарение – испарение с поверхности, из верхнего слоя Земли, транспирацию. При биогеосистемотехнике гидрологический режим территории кардинально изменяется, поскольку исключена фаза высокой влажности почвы, соответственно нет расточительно суммарно испарения, но, в то же время, биомасса нарастает интенсивно.

Вместо этого стандартным предметом научного интереса остается неопределенность глобального распределения биомассы и общеизвестных факторов ее развития в ординарных условиях. При этом с помощью методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)

получают оценки, не выходящие за пределы ошибок определения тех или иных величин, что, по сути, лишь констатация статистического белого шума, сопровождающего любые природные явления.

Странно, что выдвигающие климатические теории и модели деятели науки, несомненно, знают, что продолжительность существования биологического вида на Земле составляет несколько миллионов лет. Но собственному виду, который возник совсем недавно и, в принципе, вправе рассчитывать на генетическую судьбу хотя бы амебы, не отпускают и тысячной доли этого периода, прогнозируя на ближайшую перспективу такие условия на Земле, при которых цивилизация гибнет. А вслед за ней погибнет и вид, поскольку приспособиться к изменению климата большинство людей как продуктов цивилизации, в силу сложившихся объективно непреодолимых препятствий поведенческого и биологического характера, не сможет.

Потому обоснование биогеосистемотехники как стабилизатора геосфер мы позиционируем как первую попытку не просто получить от биосферы временные результаты, но, встроившись в нее, обеспечить вектор ее эволюции хотя бы на период существования цивилизации, но лучше – по крайней мере, на период существования вида. А еще лучше – на длительную перспективу, так, чтобы не создавать себе необходимости искать новые миры. Они функционируют точно также. Потому и там надо будет стремиться встроиться в биосферу.

Наконец, серьезные модели климата ответственно констатируют, что для получения устойчивых решений методами моделирования недостаточно ни данных наблюдений, ни факторов моделей, ни закономерностей, которые следует учесть [30]. Поэтому имеется необходимость нового понимания управления климатом в ноосфере.

Человечество и его активность на Земле – сложившаяся глобальная сила [6, 89]. Важным обстоятельством современности является геоэтика [130]. Потому заниматься в биосфере только промышленностью, строительством, сельским хозяйством или еще, иногда, по настроению, созданием рекреационных объектов, выделением и охраной небольших территорий Земли, недопустимо. Особенно – превращать деятельность в биосфере в бизнес типа «купи-продай».

В результате сложившегося у цивилизации потребительского подхода к биосфере, в ней антропогенный биологический продукт занимает ничтожную часть в биологическом балансе. Столь мизерный и по большей части вредоносный вклад цивилизации в развитие геосфер пока дает право человечеству только наблюдать их эволюцию, не имея никакой возможности вмешаться в управление процессом. Здесь человек ничем не отличается от своего первобытно предка, причем, не только от кроманьонца, но и более дальних родственников-предков, а если отличается, то только самомнением, которое ни на чем не зиждется. Ожидать в такой ситуации для себя какой-то перспективы нет оснований. Природа озабочена не перспективой человечества. Ее предмет – разнообразие собственных свершений. В том числе, биологическое разнообразие каждого периода развития, их секвенции, катастрофические сценарии, в числе факторов которых космические, хемисферные [131], теллурические, биологические и другие движущие силы.

В полной мере оценить влияние суперпозиции этих величественных сил на судьбу человечества пока не дано никому, хотя некоторые аспекты с той или иной степенью детальности рассмотрены. Остается без внимания сложнейший пока не поддающийся познанию аспект взаимодействия известных и еще неизвестных сил, определяющих облик, климат Земли, саму возможность существования человечества. Однако подход к анализу поведения системы возможен. Он заложен в системотехнике, в частности, анализе обратных связей в системе, управлении этими обратными связями. Этот подход работоспособен в отношении системы геосфер по принципу подобия, в частности, хотя бы потому, что в области электронной системотехники на его основе в последние десятилетия сделаны головокружительные успехи в создании артефактов в области электронной техники.

Подход можно применить для анализа обратных связей в системе парциальных геосферных процессов. Этот подход пытаются использовать, но допускают ошибки даже на начальном уровне обсуждения проблемы – при определении характера обратной связи в системе ее интерпретируют как положительную (при потеплении климата Земли) или отрицательную (при похолодании климата Земли) [35]. Эта интерпретация является

ошибочной. В обоих случаях, при потеплении, при похолодании, в действительности имеет место положительная обратная связь, приводящая к неуправляемому разгону (потепление) и затем захлопыванию (похолодание) системы. Возобновляется система только от другого внешнего накопленного (выделение углекислого газа и метана) или импульсного воздействия (извержение вулканов), что является дополнительным признаком положительной обратной связи в системе, которая при возникновении такого рода связи, как правило, неработоспособна, и ее надо «перезагружать» для возобновления функционирования. Перегрузка в электронной системотехнике и созданных на ее базе устройствах – обычное дело, но в климатологии Земли недопустимый с точки зрения существования наблюдателя процесс вариант. Так что проблема выявления обратных связей в климатической системе земли открыта.

Например, возьмем связь биологической продуктивности и парникового эффекта и представим ее в виде максимально упрощенного алгоритма:

1. В настоящий момент на планете Земля межледниковая пауза. Биологический процесс компенсирует, уравнивает парниковый эффект.

2. Допустим, наступает фаза интенсивного отбора кислорода из атмосферы, в процессе которой продуцируется дополнительный объем парникового газа.

3. Поскольку области продуцирования кислорода, степи, тайга, и области стока – тундра, промышленные центры, разнесены в пространстве поверхности Земли, а расстояния огромны настолько, что даже скорость обмена метана только по вертикали в тропосфере оценивается как 8-12 лет, причем считается высокой, следовательно, система какое-то время скомпенсирована, квазистационарна.

4. К тому же, при некотором нарастании температуры за счет парникового эффекта темп прироста биомассы даже увеличивается, происходит частичная компенсация парникового эффекта дополнительным кислородом. Это случай типичной отрицательной обратной связи, компенсирующей изменение входных управляемых параметров, управление в системе стабильное.

5. По мере ухудшения условий развития растений в степи и тайге, эти экосистемы начинают деградировать, вместо продуцирования кислорода, здесь начинается гибель жизни, биологическое вещество минерализуется, получается парниковый газ.

6. Продуцирование парникового газа в промышленных агломерациях, в основном, за счет ископаемых углеводородов, переработки органического вещества с использованием атомной и других видов энергии, а также в северных болотных системах продолжается. Количество парникового переходит допустимый для растений и животных предел, биомасса и продуцирование кислорода, ионизации воздуха сокращается лавинообразно.

7. Продуцирование парникового газа все равно продолжается, поскольку источники для этого еще остались.

8. Ввиду критического падения количества биомассы, источники естественного биологического питания человечества потеряны, условия жизни неприемлемы, переход на искусственные продукты доступен не всем, противоестественное качество продуктов, вероятно, оказывает отрицательное влияние на жизненный цикл и наследственность, биомасса вымирает.

П.п. 6-8 – случай типичной положительной обратной связи, не компенсирующей изменение входных управляемых параметров, управление в системе нестабильное или отсутствует. Система лавинообразно переходит в другое состояние.

9. Наступает оледенение. Метан переходит в форму газогидрата. Атмосфера осветляется, увеличивается альbedo Земной поверхности, занятой льдом, оледенение усиливается.

10. Система возобновляется только через длительный промежуток времени от другого внешнего накопленного (выделение углекислого газа и метана из Земли) или импульсного воздействия (извержение вулкана, космический катаклизм).

Если динамичный (нестационарный) процесс вовремя демпфировать, то положительная обратная связь в системе не сформируется, соответственно, ее последствия



не наступят, или, во всяком случае, будут не столь значительны, катастрофичны, как это показано в алгоритме.

Мотивация деятельности в биосфере только получением продуктов питания и сырья несостоятельна. Надо заниматься всей биосферой. Современный уровень развития техники, в том числе информационных технологий, робототехники, материаловедения, химии, физики, биологии и многих других сфер науки и производственной деятельности, это позволяет. Особенно если все структурировать на принципах ноосферы, биогеосистемотехники, и распоряжаться этими возможностями надлежащим образом, а не в порядке бонуса, как сейчас. Сейчас все строится вокруг иллюзии занятости в сельском хозяйстве, а в действительности это лишь стремление к праздности, эксплуатации биосферы устаревшей техникой (было выше подобное).

Мотивы покорности природе несостоятельны. Покоряться следует воле Бога, а не заниматься перед лицом природных катаклизмов толстовством, против которого возражает православная церковь. Надо молиться о спасении души, но никак не о дожде в засуху. Если нет дождя, то надо не ходить крестным ходом вокруг поля, а добывать влагу, учиться ее экономить, иначе катастрофы типа Аральской будут повторяться, и это – не кара божья, а лишь демонстрация того, что человечеству в биосфере надо вести себя осмотрительно и дальновидно.

Да, надо сносить испытания. Но испытания, рожденные собственной глупостью, испытания, порождаемые насилием, опасности для близких, соплеменников, собственного биологического вида, биосферы в целом, надо преодолевать! У человечества есть интерпретаторы божьей воли. Но они, при всем их апломбе, люди, что и мы, и не могут разобраться, а истинное ли испытание то или иное событие или явление в жизни человечества и биосферы, или это рядовая мелкая коллизия, которую следует просто преодолеть, чтобы не совершить большой грех – вымереть, не оставив после себя и следа. Истинные испытания будут еще впереди.

Человеческий продукт в биосфере недопустимо мал, особенно по сравнению с территорией, которую человечество у биосферы уже отторгло [132]. Под городами не более 1% территории суши Земли. На первый взгляд, немного. Но 85 % пресной воды забирают на ирригацию, 42% приемлемой для проживания людей суши отторгнуто у биосферы под агросферу [74]. Это – грех иждивенства и бездеятельности. Он опасен сам по себе, в нем надо покаяться и его преодолевать, особенно перед лицом опасности, ведь большой и грамотно распределенный по Земле биологический продукт – демпфер климата и жизни на Земле. Этот продукт позволяет глубже и превентивно, по опережению возмущения, регулировать биосферу. Наступает похолодание – вместе с кислородной усиливать углеродную и метановую фазу биомассы Земли, больше сжигать биологического продукта, больше испарять воды, уменьшать альбедо. Наступает потепление – выращивать больше растений, усиливать ионизацию, усиливать кислородную (окисление) и этим пассивировать углеродную и метановую фазу биомассы Земли, давать растениям меньше воды для создания биомассы, сокращать количество водяного пара в атмосфере, увеличивать альбедо.

Вариабельность климата – сложное явление. Рассматривать вероятные его составляющие изолированно полезно для понимания их протекания в идеальной модельной системе, но от этого полная картина явления не приобретает смысла.

По отдельности комическая, гелиосистемная, теллурическая, хемисферная, биологическая (включая гидрологическую, атмосферную) составляющие климата дают картину, которая не вполне соответствует результатам их, а может еще и неизвестных составляющих, реальной суперпозиции. Потому циклы климата в реальности не строго регулярны, как галактический, нутация и прецессия земной оси, вариация угла наклона земной оси к плоскости эклиптики, вариация эксцентриситета орбиты Земли и др. Наоборот, экстремумы климата Земли нестабильны во времени и неодинаковы по проявлению и результатам. Это – ввиду суперпозиции действующих сил.

По нашему мнению, есть смысл иметь в виду обстоятельство постоянной времени и уровня обратной связи процессов, определяющих динамику климата. С точки зрения их варьирования, даже невероятное с точки зрения здравого смысла и своевременного принятия решений превращение отрицательной обратной связи в положительную,

разрушающую любую систему, история Земли является типичным примером нестабильной системы.

Для стабилизации системы необходимо выполнить поиск вариантов уменьшения постоянной времени стабилизирующей обратной связи хотя бы части процессов, происходящих в системе, которые доступны регулированию.

Очевидно, что биологический фактор может служить демпфером геосистемы. Ему отводят ведущую роль в формировании большинства геосфер земли многие исследователи. Даже сторонники чисто космической природы варьирования климата Земли констатируют, что климатический процесс не укладывается в выбранные ими рамки рассмотрения, следовательно, пользователь такого рода гипотез имеет право на поиск других факторов явления. В частности, даже чисто теллурическая теория происхождения метана [14] в морях на севере восточной сибирю очень хорошо корректируется, дополняется объяснением непонятного авторам феномена эксцесса выделения метана.

В море Лаптевых и Восточно-Сибирское море выходят эстуарии крупнейших рек мира, которые несут туда органический и минеральный материал со всей Сибири, они – источник эксцесса метана в Арктике. Этот источник до деталей совпадает с эстуариями рек Лена, Яна, Сылаах-Юрех, Хрома, Индигирка, Алазея, Колыма, к тому же, Яно-Индигирская и Колымская низменности, выходящие к морю Лаптевых и Восточно-Сибирскому морю – это бескрайние болота и озера. Донные отложения океана по следу русл рек являются месторождениями, источниками, из которых сейчас наблюдается выделение метана.

Чтобы преодолеть этот эксцесс надо превентивными методами биогеосистемотехники обеспечить увеличение емкости биосферы, увеличение продуцирования кислорода, особенно ионизированного наиболее реактивного кислорода, и окислять избыток метана. А также осаждают аэрозоли и пыль. Тем предотвратить неопределенность климата Земли хотя бы в каких-то пределах.

Так что демпфировать биосферу, а вслед за ней другие геосферы, можно, и надо. тем более, даже без демпфирования, никакое оледенение пока не приводило к полной гибели жизни. Так что надо пробовать управлять, чтобы не оказаться в числе вымерших видов. Есть мотив, есть и способ. надо менять потребительское отношение к геосферам Земли.

Очевидно, что на том расстоянии от Солнца, что расположена Земля, ее стабильным состоянием, как и любого космического тела в пространстве, где температура составляет  $-278^{\circ}\text{K}$ , не имеющего достаточной массы для устойчивого термоядерного синтеза под действием сжатия собственной массы гравитацией, является скорее оледенение, полное или частичное, а не благоухание вечной жизни. Это легко установить, сопоставив имеющиеся научные данные о физических, химических и биологических свойствах Солнечной системы, имеются аналогичные новейшие данные о других планетах Галактики Млечный Путь.

Потому малейшая возможность хоть какое-то время поддержать условия жизни на Земле, вовремя успеть установить и купировать на ней обратную положительную связь суммы явлений, обуславливающих динамику климата, требует рассмотрения.

Если анализировать предложенный упрощенный сфокусированный на возможностях биологической жизни алгоритм динамики климата Земли, а также иметь в виду, что для выхода из завершающей стадии биологического цикла – оледенения по некоторым оценкам [133] достаточно добавить лишь  $0,3^{\circ}\text{C}$  к температуре Земли, то очевидна возможность управления климатом.

Эта возможность обусловлена тем, что согласно теории управления, чем эффективнее обратная связь регулирования системы, тем выше вероятность сохранить явление или процесс в заданном желательном виде даже при минимальном управляющем воздействии. Эффективность обратной связи регулирования системы определяется ее глубиной и временем обратной связи. Это означает, что чем раньше к системе прикладывается компенсирующее воздействие, и чем интенсивнее это воздействие, тем ниже вероятность начала лавинообразного процесса, когда наступает переход системы в новое стабильное неблагоприятное с точки зрения заданной функции цели состояние.

Для нашего случая функция цели состоит в сохранении условий жизни на Земле.

Реализация этой функции цели в природе происходит с большим запозданием. Например, в предложенном нами варианте осмысления ситуации – только на 10-й стадии алгоритма климатического процесса Земли. Отметим, что Природа беззаботна. Так что

запоздание для Природы не критично, наоборот, желательно, оно дает новые варианты развития системы после выхода из очередного кризиса, выполняется принцип биологического разнообразия.

Но человечество такой вариант обратной связи не устраивает. Потому следует искать возможности оптимизации алгоритма. Для этого надо ускорять обратную связь, или даже вводить обратную связь по опережению, имея надежный прогноз системы.

Предлагается следующая оптимизация геосфер Земли по приведенным выше стадиям алгоритма (начиная с п. 3):

✓ Рассредоточить фотосинтез по Земле более равномерно, чем это имеет место в настоящее время. Это уменьшит постоянную времени утилизации парниковых газов как непосредственно в фотосинтезе (углекислый газ), так и в атмосфере (ионизация воздуха за счет фотосинтеза усилит естественное окисление метана в атмосфере). При необходимости можно расширить ареалы фотосинтеза на суше Земли, которая преимущественно занята пустынями и деградированными землями, а имеющиеся земли используются неэффективно как с хозяйственной, так и с общебиологической точек зрения. Обеспечена отрицательная обратная связь, компенсирующая изменение входных управляемых параметров, управление в системе стабильное.

✓ Нарастить объем фотосинтеза на Земле по п. 3, компенсировав парниковый эффект дополнительным кислородом. Обеспечена отрицательная обратная связь, компенсирующая изменение входных управляемых параметров, управление в системе стабильное.

✓ При ухудшении условий развития растений в пустыне, степи и тайге, с целью предотвращения их деградации, оптимизировать условия питания и увлажнения. Обеспечена отрицательная обратная связь, компенсирующая изменение входных управляемых параметров, управление в системе стабильное.

✓ Продуцирование парникового газа в промышленных агломерациях, за счет ископаемых углеводородов, переработки органического вещества с использованием атомной и других видов энергии, а также в северных болотных системах продолжается. Количество парникового газа не переходит допустимый для растений и животных предел. Для этого искусственно наращивают биомассу, соответственно, продуцирование кислорода, ионизацию воздуха. Количество парникового газа в атмосфере компенсировано. Обеспечена отрицательная обратная связь, компенсирующая изменение входных управляемых параметров, управление в системе стабильное.

✓ Уровень продуцирования парникового газа можно поддерживать на более высоком уровне дифференцированно по поверхности Земли, варьируя искусственной биомассой.

✓ Количество биомассы на Земле выше, чем до введения системы регулирования, человечество обретает дополнительный источник продовольствия и сырья, условия жизни приемлемы, промышленное дополнительное поступление углерода и других элементов в биосферу компенсируется их возвратом в трофические цепи более емкой, чем ранее биосферы. Обеспечена отрицательная обратная связь, компенсирующая изменение входных управляемых параметров, управление в системе стабильное.

Система геосфер стабильна.

✓ Условий для наступления оледенения нет. Если есть опасность избыточного биологического процесса, избыточного продуцирования кислорода, избыточного окисления углекислого газа и метана, то в целях снижения альбедо, часть приоритета отдают биотехнологии. Биологический материал не используют в полном биосферном цикле, завершая его производством свежего биологического вещества, из которого получают продовольствие, сырье, биотопливо, а укорачивают цикл. Часть топлива в виде биогаза (или жидкого топлива) и биологически активного материала в виде продуктов пиролиза (или иного процесса переработки отходов), вносимого затем в почву в качестве источника питания растений, получают не из свежего, а из использованного в жизненном цикле человека или в технологии промежуточного биологического продукта. В атмосферу

поступает и парниковый газ, и кислород, происходит ионизации воздуха. Атмосфера не осветляется, не увеличивается альbedo Земной поверхности. Оледенение не наступает.

✓ Процесс системы геосфер стабилен, а возобновляется после каждого оледенения, как этот имеет место сейчас.

Мотивы результативности алгоритма:

- ✓ увеличение емкости дисперсной системы почвы,
- ✓ мелкодисперсное рассредоточение биологического и минерального материала в твердой и пастообразной форме внутри мелкодисперсной системы почвы,
- ✓ уменьшение минерализации органического вещества до парниковых газов за счет его дисперсного внесения внутрь почвы и приоритетной переработки сапрофитами в элементы питания растений,
- ✓ полный взаимный контакт всех дисперсных элементов в почве и их приоритетное использование почвенной биотой и ризосферой,
- ✓ уменьшение стока природного и антропогенного минерального и органического вещества и продуктов его деструкции в водные системы и атмосферу,
- ✓ уменьшение содержания углекислого газа в атмосфере,
- ✓ увеличение содержания кислорода в атмосфере,
- ✓ увеличение степени ионизации атмосферы,
- ✓ увеличение степени окисления метана и сероводорода в дисперсной системе почвы до выхода в атмосферу,
- ✓ увеличение степени окисления метана и сероводорода в атмосфере,
- ✓ уменьшение расхода воды на создание единицы биологической продукции,
- ✓ увеличение количества водяного пара в атмосфере,
- ✓ увеличение степени ионизации атмосферы,
- ✓ увеличение степени турбулентности атмосферы,
- ✓ возможность варьировать количество воды на создание единицы биологической продукции,
- ✓ возможность контролировать содержание водяного пара в атмосфере, усилить его турбулентность и конденсацию,
- ✓ в аридных и семиаридных ландшафтах уменьшение разогрева почвы, использование солнечной радиации на создание биологического вещества температуры, оазисный эффект,
- ✓ стабилизация климата,
- ✓ улучшение условий обитания человека,
- ✓ создание условий для результативной деятельности социума,
- ✓ обеспечение долгосрочной перспективы искусственного природно-территориального комплекса и социума.

Очевидно, что возможности предложенного алгоритма вполне достаточны для того, чтобы в известных, но существенных, пределах компенсировать галактические, гелиосистемные, хемисферные, теллурические и другие причины опасной для человечества избыточной динамики и неустойчивости климатических и гидрологических явлений на Земле. Исходя из полученных научных данных о динамике геосфер, чередование оледенений, скорее, обусловлено небрежным беззаботным регулированием геосфер на Земле, а то и его полным отсутствием со стороны Природы. Имеет значение чрезвычайная узость диапазона параметров, внутри которого геосферы, в том числе биосфера, относительно стабильны, общая хрупкость, нестабильность земной системы, которая в любой момент скатывается в состояние оледенения. Оно в течение существования Земли, похоже, является основным стабильным ее состоянием. Отсутствует демпфирование. На таком фоне возможно сделать заключение, что динамика геосфер Земли скорее обусловлена их нестабильностью, чем глубиной изменений на Земле в результате большинства тех или иных внешних или внутренних катаклизмов. Следовательно, имеется принципиальная возможность регулирования геосфер, коль скоро для обеспечения стабильности Земли в нужном для человечества состоянии нужна минимальная, но своевременная их коррекция.

Может встать обоснованный текущей практикой вопрос о том, что чем больше продуктов, вещества Земли будет использовать человечество, тем опаснее будет становиться среда его обитания, будут разрушаться геосферы ввиду образования отходов. В связи с этим еще раз применим тезис об уникальности вещества Земли. Его нельзя называть отходами. Надо только придать использованию вещества Земли безопасный цикл. В этом огромную роль играет педосфера, в дисперсной системе которой методами биогеосистемотехники можно обеспечить экологическое безопасное преобразование вещества Земли в количествах много больших, чем есть необходимость это делать в настоящее время. Просто в настоящее время стоки вещества в биосферу, водные системы, педосферу, литосферу выстроены не с учетом функций геосфер, а с точки зрения удаления вещества из производственной и бытовой сфер деятельности человека. Соответственно, на Земле появились искусственные стоки вещества в геосферы. Эти стоки совершенно не совпадают с органичными Земле потоками вещества. Следует также учесть, что природные стоки вещества организованы не лучшим образом с точки зрения устойчивости геосфер, что есть дополнительное обстоятельство озабоченности при управлении климатом Земли. Потому следует полагать, что искусственно создана, неверно поставлена, и неверно решается проблема отходов цивилизации, которая немедленно отпадет после того как ее постановка станет надлежащей. Отходы исчезнут.

Биогеосистемотехника позволяет переработать значительно больше вещества, чем это имеет место сейчас. Переработка вещества в настоящее время идет в гипертрофированных масштабах без надлежащей утилизации. Это в соответствии с естественным подсознательным интересом человечества, которое на низком биологическом уровне, как и представители любого биологического вида, всегда стремится найти противника, стремится к опасности, которая обостряет творческий дух, создание артефактов. Человечество сейчас воюет с биосферой – занимается природопользованием. Если опасность войны с биосферой будет нами купирована, то биологическое начало в поисках нестандартных ощущений пойдет по новому пути, и старый путь производить отходы будет уже не интересен. Возможно, станет реальной экономика знаний, которая сейчас невозможна, и потому опасна, дезориентируя человечество. Опасность связана с современным пониманием экономики как способа удовлетворения потребности в благах с позиции стоимости. Однако такой подход не дает ни решения проблемы управления климатом, ни развития Человечества на Земле.

### **Заключение**

До недавнего времени алгоритмы управления климатом Земли, подобные изложенному, никто не рассматривал, поскольку отсутствовали инструменты для их реализации. Те способы взаимодействия с биосферой, которые имеются в арсенале человечества, в подавляющем своем большинстве низменные в обозримой исторической ретроспекции цивилизации, годятся только на то, чтобы с трудом получить продовольствие, и то в недостаточном количестве. Да еще с ущербом для геосфер. И это при использовании самых современных технических средств, которые современны лишь по дате изготовления, а по сути – старое копирование природы, которое придумали первые земледельцы. С таким арсеналом о сколько-нибудь целесообразном вмешательстве в биосферу и думать нельзя. Наоборот, вмешательство в биосферу инструментами природопользования индустриальной технологической платформы по умолчанию является вредным и опасным для биосферы. С точки зрения экономики деятельность в области природопользования, агрономии, ирригации является чрезвычайно затратной, экономический результат едва покрывает издержки. Такое вмешательство следует ограничивать.

Сейчас надлежащий инструмент реализации рассмотренного алгоритма – биогеосистемотехника – предъявлен нами миру. Им надо пользоваться.

Важнейшие мотивы биогеосистемотехники в аспекте климата:

- ✓ возможность регулировать затраты воды на единицу биологической продукции, т.е. количество водяного пара в атмосфере;
- ✓ сократить в атмосфере содержание углекислого газа и увеличить степень окисления метана и аэрозолей за счет усиления фотосинтеза;

✓ уменьшить содержание в атмосфере оксида азота путем иммобилизации соединений азота в дисперсной системе почвы в виде элементов питания растений, снизив динитрификацию.

Как известно из теории систем, для их регулирования, необходима не просто описанная нами обратная связь. Лучше всего – отрицательная обратная связь по опережению, которую вполне можно организовать и реализовать на Земле. При этом получить неизмеримо большие, чем имеются сейчас, возможности бескризисного развития технически совершенной цивилизации ноосферы, новой индустриализации, базирующейся на биогеосистемотехнике. Это должно стать предметом геоинжиниринга, включая инжиниринг климата, реинжиниринга [90], национальных и международных программ [134] стратегического развития, зеленой ноосферной экономики [135], стимулом объединения мира перед всеобщей угрозой [136]. Тем более что такой подход не только повышает вероятность выживания, но дает новые возможности интеллектуального, общественного и технологического развития, станет базой комплексного решения проблемы развития мира, в том числе, деятельности госкорпораций РФ.

Тогда будут разрешены конфликты биосферы и техносферы, агроэкосистем, стабилизирован климат, и можно будет дать уверенный положительный ответ на вопрос, **кто будет жить здесь, на Земле, завтра** [89].

#### Примечания:

1. 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.
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Oxygenation\\_Event](https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Oxygenation_Event)
3. [http://zoom.cnews.ru/rnd/news/line/more\\_ognya\\_kontsentratsiya\\_kisloroda\\_v\\_atmosfere\\_zemli\\_dohodila\\_do\\_70/](http://zoom.cnews.ru/rnd/news/line/more_ognya_kontsentratsiya_kisloroda_v_atmosfere_zemli_dohodila_do_70/)
4. Erik A. Sperling, Christina A. Frieder, Akkur V. Raman, Peter R. Girguis, Lisa A. Levin, and Andrew H. Knoll Oxygen, ecology, and the Cambrian radiation of animals // PNAS. August 13, 2013. Vol. 110 no. 33 13446–13451 doi: 10.1073/pnas.1312778110
5. Розанов А.Ю. Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы // Палеонтологический журнал. 2003. № 6. С. 41.
6. Вернадский В.И. Биосфера. Л., Научное хим.-техн. изд., 1926.
7. Костычев П.А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства / 1886. Под ред., с введ. ст. и примеч. А.Н. Соколовского. М.; Л.: ОГИЗ – Сельхозгиз, 1937. 239 с.
8. Орленок В.В. Роль эндогенного фактора в изменении уровня океана за последние 140 лет // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2009. Вып. 1. С. 8-17.
9. Бондаренко А. Л. Крупномасштабная динамика и долгопериодные волны Мирового океана и атмосферы. М., 2014. 206 с.
10. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Парниковые\\_газы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парниковые_газы)
11. 45 Киселев А.А. Метан в российской арктике: результаты наблюдений и расчетов / Киселев А.А., Решетников А.И. // Проблемы арктики и антарктики. 2013. № 2 (96). С. 5-15.
12. Atmospheric Methane: Sources, Sinks, and Role in Global Change / Edited: M.A.K. Khalil. NATO ASI Serries. Series I. Environmental global change. V. 13. DOI 10.1007/978-3-642-84605-2
13. Глаголев М.В., Смагин А.В. Количественная оценка эмиссии метана болотами: от почвенного профиля – до региона // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. №3. вып. 3. С. 75-114.
14. Галанин А.В. Литобиосфера Земли. 2012. <http://ukhtoma.ru/litobiosphere.htm>
15. Rachael Rhodes, Edward Brook, John Chiang, Thomas Blunier, Hai Cheng, R. Lawrence Edwards, Olivia Maselli, Joseph McConnell, Daniele Romanini, Jeffrey Severinghaus, Todd Sowers, and Christopher Stowasser Continuous methane record of abrupt climate change 10–68 ka: sighting Heinrich events in the ice core record // Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-7984, 2014 EGU General Assembly 2014
16. Erwan Monier, David Kicklighter, and Andrei Sokolov. Future changes in terrestrial carbon fluxes over Northern Eurasia under uncertainty in 21st century climate change // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-9763, 2014. EGU General Assembly 2014

17. Lea Steinle, Christina Bethke, Johanna Schweers, Hermann Bange, Annette Kock, Moritz F. Lehmann, Tina Treude, and Helge Niemann. Aerobic methane oxidation in a coastal environment with seasonal hypoxia - a time series study // *Geophysical Research Abstracts* Vol. 16, EGU2014-6636-3, 2014. EGU General Assembly 2014.
18. Ingeborg Bussmann, Alexandra Kraberg, Anna Matousu, and Roman Osudar. Comparing microbial methane oxidation rates and methane distribution in arctic and boreal estuaries // *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 16, EGU2014-7362, 2014. EGU General Assembly 2014.
19. Mitloehner F. Agriculture infrastructure and farming practices: Responses to climate change and population growth // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13<sup>TH</sup> IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 78.
20. M. Bressac, C. Guieu, D. Doxaran, F. Bourrin, K. Desboeufs, N. Leblond, and C. Ridame. Quantification of the lithogenic carbon pump following a simulated dust-deposition event in large mesocosms // *Biogeosciences*, 11, 1007–1020, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1007/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1007/2014/) doi:10.5194/bg-11-1007-2014
21. I.D. Lima, P.J. Lam, and S.C. Doney. Dynamics of particulate organic carbon flux in a global ocean model // *Biogeosciences*, 11, 1177–1198, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1177/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1177/2014/) doi:10.5194/bg-11-1177-2014
22. A.M. Ågren, I. Buffam, D.M. Cooper, T. Tiwari, C.D. Evans, and H. Laudon. Can the heterogeneity in stream dissolved organic carbon be explained by contributing landscape elements? // *Biogeosciences*, 11, 1199-1213, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1199/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1199/2014/) doi:10.5194/bg-11-1199-2014
23. Winterfeld M., M. A. Goñi, J. Just, J. Hefter, and G. Mollenhauer Characterization of particulate organic matter in the Lena River delta and adjacent nearshore zone, NE Siberia – Part 2: Lignin-derived phenol compositions // *Biogeosciences*, 12, 2261–2283, 2015 [www.biogeosciences.net/12/2261/2015/](http://www.biogeosciences.net/12/2261/2015/) doi:10.5194/bg-12-2261-2015
24. J. Friedrich, F. Janssen, D. Aleynik, H. W. Bange, N. Boltacheva, M. N. Çagatay, A. W. Dale, G. Etiope, Z. Erdem, M. Geraga, A. Gilli, M. T. Gomoiu, P. O. J. Hall, D. Hansson, Y. He, M. Holtappels, M. K. Kirf, M. Kononets, S. Konovalov, A. Lichtschlag, D. M. Livingstone, G. Marinaro, S. Mazlumyan, S. Naeher, R. P. North, G. Papatheodorou, O. Pfannkuche, R. Prien, G. Rehder, C. J. Schubert, T. Soltwedel, S. Sommer, H. Stahl, E. V. Stanev, A. Teaca, A. Tengberg, C. Waldmann, B. Wehrli, and F. Wenzhöfer. Investigating hypoxia in aquatic environments: diverse approaches to addressing a complex phenomenon. // *Biogeosciences*, 11, 1215–1259, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1215/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1215/2014/) doi:10.5194/bg-11-1215-2014
25. Drewniak B. A., U. Mishra, J. Song, J. Prell, and V. R. Kotamarthi. Modeling the impact of agricultural land use and management on US carbon budgets // *Biogeosciences*, 12, 2119–2129, 2015 [www.biogeosciences.net/12/2119/2015/](http://www.biogeosciences.net/12/2119/2015/) doi:10.5194/bg-12-2119-2015
26. S. Caldararu, D. W. Purves, and P. I. Palmer. Phenology as a strategy for carbon optimality: a global model. // *Biogeosciences*, 11, 763–778, 2014. [www.biogeosciences.net/11/763/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/763/2014/) doi:10.5194/bg-11-763-2014
27. Blunier, T., Bender, M. L., Barnett, B., and von Fischer, J. C.: Planetary fertility during the past 400 ka based on the triple isotope composition of O<sub>2</sub> in trapped gases from the Vostok ice core, *Clim. Past*, 8, 1509-1526, doi:10.5194/cp-8-1509-2012, 2012.
28. Hargreaves, J. C., Annan, J. D., Ohgaito, R., Paul, A., and Abe-Ouchi, A.: Skill and reliability of climate model ensembles at the Last Glacial Maximum and mid-Holocene, *Clim. Past*, 9, 811-823, doi:10.5194/cp-9-811-2013, 2013.
29. A. Romanou, J. Romanski, and W.W. Gregg. Natural ocean carbon cycle sensitivity to parameterizations of the recycling in a climate model // *Biogeosciences*, 11, 1137–1154, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1137/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1137/2014/) doi:10.5194/bg-11-1137-2014
30. Борисенков Е. П., Пичугин Ю. А. Возможные негативные сценарии динамики биосферы как результат антропогенной деятельности / Доклады академии наук, 2001, том 378, №6, с. 812-814.
31. Eric F. Wood. The Challenges of Developing a Framework for Global Water Cycle Monitoring and Predicting. // Alfred Wegener Medal Lecture. EGU General Assembly 2014. Wednesday, 30, April

32. Caspar Hewett, Jonathan Dick, Oksana Tarasova, Barbara Ferreira, Mark Wilkinson, and Paul Quinn. Geoengineering the climate: the way forward? // Great Debates. GDB2. EGU General Assembly 2014. Thursday, 1, May
33. [https://en.wikipedia.org/wiki/Climate\\_engineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_engineering)
34. M. Ishii, R. A. Feely, K. B. Rodgers, G.-H. Park, R. Wanninkhof, D. Sasano, H. Sugimoto, C. E. Cosca, S. Nakaoka, M. Telszewski, Y. Nojiri, S. E. Mikaloff Fletcher, Y. Niwa, P. K. Patra, V. Valsala, H. Nakano, I. Lima, S. C. Doney, E. T. Buitenhuis, O. Aumont, J. P. Dunne, A. Lenton, and T. Takahashi. Air–sea CO<sub>2</sub> flux in the Pacific Ocean for the period 1990–2009 // *Biogeosciences*, 11, 709–734, 2014. [www.biogeosciences.net/11/709/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/709/2014/) doi:10.5194/bg-11-709-2014
35. [https://en.wikipedia.org/wiki/Snowball\\_Earth](https://en.wikipedia.org/wiki/Snowball_Earth)
36. В.П.Гаврилов. Геотектоника. М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ», 2005. 368 с. <http://www.twirpx.com/file/363271/>
37. [http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/mirovoy\\_ocean\\_primet\\_i\\_nakormit\\_razrastayus\\_hheesya\\_chelovechestvo/](http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/mirovoy_ocean_primet_i_nakormit_razrastayus_hheesya_chelovechestvo/)
38. Биологическая продуктивность водных экосистем <http://geoprroda.ru/ecology/306-biologicheskaya-produktivnost-vodnyh-yekosistem.html>
39. Kapp, Ernst, Grundlinien einer Philosophie der Technik : zur Entstehungsgeschichte der Cultur aus neuen Gesichtspunkten , 1877. 376 с.
40. Mitcham, Carl. *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. University Of Chicago Press. 1994. ISBN 978-0-226-53198-4.
41. Корост Д.В., Герке К.М., Скворцова Е.Б. Исследование структуры почв с помощью рентгеновской томографии: примеры российских почв и перспективы метода / Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Всероссийская с международным участием научная конференция «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования (Петрозаводск–Москва, 13–18 августа 2012 г.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012.
42. Moberly P.K. Deep tillage investigations on five soil types of the South African sugarbelt // *Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association*. 1972. P. 205–210.
43. Дмитриева В.А. Трансформация речной сети и речного стока: причины и следствия // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2009. № 1. С. 84-92.,
44. Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A. and Pichura V.I. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2014. Vol. 39. №. 8. P. 550–557. DOI: 10.3103/S106837391408007X
45. Шейн Е.В., Щеглов Д.И., Умарова А.Б., Соколова И.В., Милановский Е.Ю. Структурное состояние техноземов и формирование в них преимущественных потоков влаги // *Почвоведение*. 2009. № 6. С. 687-695.
46. Ochoa Carlos, Steve Guldán, Alexander Fernald, Vince Tidwell, Emile Elias, Karina Gutierrez, and Mike Borman. Surface water and shallow groundwater interactions in semiarid agro-ecosystems of the western USA // *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 16, EGU2014-3161, 2014.
47. Ajay Singh, Sudhindra Nath Panda, Wolfgang-Albert Flugel and Peter Krause Waterlogging and farmland salinization: causes and remedial measures in an irrigated semi-arid regions of India // *Irrigation and Drainage*. 2012. Volume 61. Issue 3. P. 357-365.
48. Солнцева Н.Г., Калиниченко В.П. Минералогическая композиция чернозема при антропогенном воздействии. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing & Co. KG, 2011. 274 с. ISBN: 978-3-8465-1964-9.
49. Irrigation & Water Use. United States Department of Agriculture <http://www.ers.usda.gov/topics/farm-practices-management/irrigation-water-use/background.aspx#.Ugiz99JM9Fs>
50. Balakay G.T., Ivanova N.A., Kalinitchenko V.P., Minkina T.M. Ecosystem's fragility under the continuous methods of irrigation / *FAO. Global Forum on Salinization and Climate Change*. Valencia. Spain. 25-29 October 2010.
51. Aral Sea Foundation [info@aralsea.org](mailto:info@aralsea.org)
52. Israel Science & Technology: Agro-Technology. Jewish virtual library. <http://www.jewishvirtuallibrary.org/jsource/Economy/eco3.html>



53. 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, 2011. Вып. 45. С. 49-56.
54. Минкин М.Б. Интенсификация мелиоративного процесса на почвах солонцовых комплексов посредством регулирования гидрологического режима / Минкин М.Б., Калиниченко В.П. // Почвоведение. 1981. №11. С. 88-99.
55. Калиниченко В.П. Особенности структурной организации почвенной массы в переувлажненных почвах склонов черноземной зоны / Калиниченко В.П., Назаренко О.Г., Ильина Л.П. // Доклады Российской Академии сельскохозяйственных наук. 1997. №5. С. 22-24.
56. Felix Wiß, Tobias Stacke, and Stefan Hagemann. Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-14086, 2014. EGU General Assembly 2014.
57. N Devineni, U Lall, E Etienne, D Shi, C Xi. America's water risk: Current demand and climate variability // Geophysical Research Letters, 2015. V. 42. I. 7. Pp. 2285-2293.
58. ZD Wu, U Lall, M Zhao. A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production // Applied Mechanics and Materials, 2013. V. 275. Pp. 2718-2722.
59. Angst TE Impact of pine chip biochar on trace greenhouse gas emissions and soil nutrient dynamics in an annual ryegrass system in California / Angst TE, Six J, Reay DS and Sohi SP // Agroecosystems and the Environment 2014. Volume 191, 15 June 2014, Pages 17-26 <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.009>
60. Overcash, M.R., F.J. Humenik and R.J. Miner, 1983. Livestock Waste Management. Vol. 1, CRC Press, 2000, Corporate Blvd, NW,
61. Boca Raton, F.L., S. N. Casteel, R. O. Maguire, D. W. Israel, C. R. Crozier, and J. Brake Broiler breeder manure phosphorus forms are affected by diet, location, and period of accumulation // Poultry Science (2011) 90 (12): 2689-2696 doi:10.3382/ps.2011-01584
62. Richard Muirhead A Farm-Scale Risk-Index for Reducing Fecal Contamination of Surface Waters // Journal of Environmental Quality 2015 44: 1: 248-255 doi:10.2134/jeq2014.07.0311
63. Сазыкин И.С., Хмелевцова Л.Е., Журавлева М.В., Карчава Ш.К., Сазыкина М.А. Клинически значимые гены резистентности микроорганизмов в муниципальных сточных водах г. Ростова-на-Дону // Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия. Сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 100-летию Южного федерального университета. 27-30 мая 2015 г. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. С. 589-593.
64. Глазко В.И., Глазко Т.Т. Квадруплексы как источник геномной нестабильности // Нанотехнологии и охрана здоровья. 2013. Т. 5. № 1 (14). С. 40-54.
65. Глазко В.И. Формообразование и микроэволюция: породообразование, метаболомика, субгеном // Farm Animals. 2014. № 1 (5). С. 20-32.
66. Утилизация навоза/помета <http://www.eco.sznii.ru/booklet.pdf>
67. Richard H. Grant and Matthew T. Boehm Manure Ammonia and Hydrogen Sulfide Emissions from a Western Dairy Storage Basin // Journal of Environmental Quality 2015 44: 1: 127-136 doi:10.2134/jeq2014.05.0196
68. NJ Stormwater Best Management Practices Manual [http://www.state.nj.us/dep/stormwater/bmp\\_manual2.htm](http://www.state.nj.us/dep/stormwater/bmp_manual2.htm)
69. Basnet, Badri Bahadur and Apan, Armando and Raine, Steven R. (2001) Selecting sites suitable for animal waste application using a raster GIS. Environmental Management, 28 (4). pp. 519-531. ISSN 0364-152X. DOI: 10.1007/s002670010241
70. Lisetskii F.N. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A. and Pichura V.I. // Russian Meteorology and Hydrology. 2014. Vol. 39. №. 8. P. 550-557. DOI: 10.3103/S106837391408007X
71. Rasheed P.M.A. Sewage network now covers all areas of Dubai. The Gulf Today. January 18, 2011. <https://web.archive.org/web/20130504074926/http://gulftoday.ae/portal/7643b815-413c-458a-b095-0f38be12ce35.aspx>
72. TERI SFORZA. New plan replaces sewage sludge fiasco // Orange County Register. March 14, 2007 Updated Aug. 21, 2013 1:17 p.m. <http://www.ocregister.com/news/enertech-60484-angeles-process.html>

73. C. Minaudo, M. Meybeck, F. Moatar, N. Gassama, and F. Curie. Eutrophication mitigation in rivers: 30 years of trends in spatial and seasonal patterns of biogeochemistry of the Loire River (1980–2012) // *Biogeosciences*, 12, 2549–2563, 2015 [www.biogeosciences.net/12/2549/2015/](http://www.biogeosciences.net/12/2549/2015/) doi:10.5194/bg-12-2549-2015
74. Byerlee Derek. Agriculture for Development: Toward a New Paradigm / Byerlee Derek, Alain de Janvry, and Elisabeth Sadoulet // *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 есть о 42%
75. Charles M. Burt. The irrigation sector shift from construction to modernization: what is required for success? // *Irrigation and Drainage/ Volume 62, Issue 3, pages 247–254, July 2013.*
76. International Commission Calls for 'Paradigm Shift' in Agriculture. [www.worldwatch.org/node/5712](http://www.worldwatch.org/node/5712)
77. Marshall J. English, M.; Kenneth H. Solomon, M.; and Glenn J. Hoffman A Paradigm Shift in Irrigation Management // *Journal of irrigation and drainage engineering / SEPTEMBER/OCTOBER 2002 / 267-277. 1243436570\_lgurovic\_sec4\_poso*
78. Глазьев С.Ю. О политике опережающего развития в условиях смены технологических укладов // *Вестник РАЕН*. 2013. Т. 13. № 1. С. 29-35.
79. Степин В.С. Теоретическое знание. М., 2000. 744 с.
80. <http://udf.by/news/economic/123624-dekan-mgu-seychas-nastupaet-klinicheskaya-smert-rossiyskoy-ekonomiki.html>
81. Павлов Д.С., Захаров В.М. Последствия изменения климата для биоразнообразия и биологических ресурсов России: приоритетные направления исследований // *Успехи современной биологии*. 2011. Т. 131. № 4. С. 323.
82. <http://www.b-soc.yarke.ru/theory-and-practice/partners/rus/%D0%9A/23>
83. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития / Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. // *Вопросы философии*. 2013. № 3. С. 3-11. [http://vphil.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=716&Itemid=52](http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=716&Itemid=52)
84. Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: cognitive science and human experience*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
85. <https://ru.wikipedia.org/wiki/экономика>
86. Walter V. Reid and et al. *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis*. 2005. 155 p. ISBN: 1-59726-040-1.
87. <http://cyberleninka.ru/article/n/mirovye-zapasy-urana-perspektivy-syrievogo-obespecheniya-atomnoy-energetiki#ixzz3dd5FIC1h>
88. <http://minenergo.gov.ru/activity/oilgas/>
89. Glazko V.I., Glazko T.T. Conflicts of Biosphere and Agroecosystems // *International Journal of Environment Problems*. 2015. Vol (1). Is. 1. pp. 4-16.
90. Hammer, Michael Martin & Hershman, Lisa (2010). *Faster, Cheaper, Better*. Crown Books., [https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_process\\_reengineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_reengineering)
91. Green Economy. United Nation Environment Programme. <http://www.unep.org/greeneconomy/>
92. Cleveland Ch. Sustainability: A canvas of perspectives // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 7.
93. *Communicating Sustainability for the Green Economy* / Ed. by Lynn R. Kahle, Eda Gurel-Atay. New York: M.E.: Sharpe, 2014 ISBN 978-0-7656-3680-5.
94. Arnold T. Policy considerations for food and nutrition security towards 2050 // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 217.

95. Смирнова О.О. Государственное стратегическое планирование = (доклад лауреата международной премии им. Н.Д.Кондратьева). М.: Альманах «Кондратьевские волны: Палитра взглядов». 2013. 224 с. С. 192–199.
96. Сдасюк Г.В. Концепция устойчивого развития «зеленой экономики»: возможности реализации в России // Россия и современный мир. 2013. № 1. С. 22-37. <http://elibrary.ru/item.asp?id=19048633>).
97. 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>
98. Kalinitchenko V.P. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities / Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-17015, 2014. EGU General Assembly 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015, Vienna, 2014.
99. Kalinitchenko V.P. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability / Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.
100. Rotating cultivator for under-humus soil layer. Geneva. Switzerland. The international Bureau of WIPO. Geneva. Switzerland. Patent cooperation treaty WO 2005/099427 A1. International application: PCT RU/2005/000195. Classification of subject matter: A01B 13/08, 13/16, 49/02. International filing date: 15 April 2005 (15.04.2005). International publication date: 27 October 2005 (27.10.2005). Priority date: 2004111564 16 April 2004 (16.04.2004) RU. Applicant: Institut Plodorodiya Pochv Uga Rossii (IPPYUR). Inventor: V. Kalinichenko.
101. 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.
102. Калиниченко В.П. Патент на изобретение RU № 2387115 С2. Устройство для внесения вещества при ротационном внутрипочвенном рыхлении. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 апреля 2010 г. Патентообладатель ИППЮР. Заявка № 2008124500/12(029710) от 16.06.2008.
103. Василенко В.Н., Зинченко В.Е., Калиниченко В.П. Управление плодородием почв Южного федерального округа России. Часть 1 // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2005. №2. С. 78-83.
104. Василенко В.Н., Зинченко В.Е., Калиниченко В.П. Управление плодородием почв Южного федерального округа России. Часть 2 // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2005. №3. С. 75-79.
105. Helena Andersson, Lars Bergström, Barbro Ulén, Faruk Djodjic and Holger Kirchmann. The Role of Subsoil as a Source or Sink for Phosphorus Leaching // Journal of Environmental Quality. Received: Apr 24, 2014. Published: January 9, 2015 January 16, 2015. Vol. 44 No. 2, p. 535-544. doi:10.2134/jeq2014.04.0186, Опубликована 27.04.2010. Бюл. № 12. 6 с.
106. Мищенко Н.А., Громько Е.В., Калиниченко В.П., Черненко В.В., Ларин С.В. Эколого-рекреационный рециклинг фосфогипса в черноземе на примере Краснодарского края // Плодородие. 2009. №6. С. 25-26.
107. Калиниченко В.П., Ильин В.Б., Ендовицкий А.П., Черненко В.В. Патент на изобретение RU № 2476055 С2. Способ синтеза вещества внутри тонкодисперсной системы. Патентообладатель: ООО Структура К°. МПК Кл. А01С 23/00 (2006.01). Заявка № 2011100187/21(000278) от 11.01.2011. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 февраля 2013 г. Опубликовано 27.02.2013. Бюл. №6.
108. Batukaev A.A. Chemical equilibrium of soil solution in steppe zone soil / Batukaev A.A., Endovitsky A.P., Minkina T.M., Kalinichenko V.P., Dikaev Z.S., Sushkova S.N. // American Journal of Agricultural and Biological Sciences 9 (3): 420-429, 2014. DOI:10.3844/ajabssp.2014.420.429 Published Online 9 (3) 2014 (<http://www.thescipub.com/ajabs.toc>)

109. Valery P. Kalinichenko. Recycling of poultry litter by method of Biogeosystem technique // International Journal of Environment Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 17-48.
110. Kalinichenko V.P. Soil ecosystem management in birdlime utilization / Kodzoev M.M., Tochiev A.M., Mamilov V.B., Vazgiev M.A. // European researcher. 2012. Т. 25. № 7. С. 1042-1049.
111. Калиниченко В.П., Старцев В.Ф. Способ утилизации боенских отходов МПК А22В7/00 (2006.01) А61L11/00 (2006.01) А01В 33/02 (2006.01) А01С 23/00 (2006.01). Заявка № 2013154612/17(085276) от 9.12.2013
112. Миндубаев А.З. Возможность анаэробной биodeградации белого фосфора / Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Кулик Н.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Болормаа Ч. // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2013. Т. 9. № 2. С. 4-15.
113. Миндубаев А.З., Яхваров Д.Г. Биodeградация как метод переработки отходов. часть 2. взгляд на проблему. являются ли ксенобиотики ксенобиотиками? // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 34. № 4. С. 1-20.
114. M. V. Jenkins, H. N. Schomberg, D. M. Endale, D. H. Franklin and D. S. Fisher Hydrologic Transport of Fecal Bacteria Attenuated by Flue Gas Desulfurization Gypsum // Journal of Environmental Quality 2014 43: 1: 297-302 doi:10.2134/jeq2012.0132
115. Способ внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений: пат. 2386243. Рос. Федерация: МПК(7) А01G 25/06, А01С 23/02 / Калиниченко В.П.; заявитель и патентообладатель Калиниченко В.П. – № 009102490/12; заявл. 26.01.09; опубл. 20.04.10, Бюл. № 11.
116. Калиниченко В.П. Концепция внутрипочвенной дискретной импульсной ирригации / Калиниченко В.П., Минкина Т.М., Безуглова О.С., Зармаев А.А., Романов О.В., Ким В.Ч.-Д. // Природообустройство. 2013. № 2. С. 6-11.
117. Kalinitchenko Valery, Zarmaev Ali. The new intrasoil pulse discrete concept of irrigation // Proc. of the 4-th Internat. Congress «EUROSOIL 2012». 2 – 6 July 2012. Bari, Italy. P. 1848.
118. Виноградский С.Н. Микробиология почв: Проблемы и методы. М.,Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 793 с.
119. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y., Littschwager J., Lauerer M. PLANT TRAITS REGULATING N CAPTURE DEFINE MICROBIAL COMPETITION IN THE RHIZOSPHERE // European Journal of Soil Biology. 2014. Т. 61. С. 41-48. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2014.01.002
120. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y., Blagodatsky S., Anderson T.-H. MICROBIAL GROWTH AND CARBON USE EFFICIENCY IN THE RHIZOSPHERE AND ROOT-FREE SOIL // PLoS ONE. 2014. Т. 9. № 4. С. e93282. DOI: 10.1371/journal.pone.0093282
121. L. Ma, C. Guo, X. Lü, S. Yuan, and R. Wang. Soil moisture and land use are major determinants of soil microbial community composition and biomass at a regional scale in northeastern China // Biogeosciences, 12, 2585–2596, 2015 www.biogeosciences.net /12/2585/2015/ doi:10.5194/bg-12-2585-2015
122. Калиниченко В.П., Ильин В.Б., Ендовицкий А.П., Черненко В.В. Способ извлечения вещества из тонкодисперсной системы: Решение о выдаче патента от 3.05.2012. Рос. Федерация: МПК(7) С01В, Е02В13/00, А01G25/00 / [и др.]; заявитель и патентообладатель ИППЮР. Заявка №2011100186/21 от 11.01.2011.
123. Benz Kotzen Novel ideas for maximising dew collection to aid plant establishment to combat desertification and restore degraded dry and arid lands // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-1481, 2014. EGU General Assembly 2014.
124. Oren Shelef, Elaine Soloway, and Shimon Rachmilevitch. Introduction and domestication of woody plants for sustainable agriculture in desert areas // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-11829, 2014. EGU General Assembly 2014.
125. Greek philosophy [http://en.wikipedia.org/wiki/Philosophy\\_of\\_technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Philosophy_of_technology)
126. Калиниченко В. П., Шаршак В. К., Ладан Е. П., Илларионов В. В., Генев Е. Д. Технические средства внутрипочвенного рыхления с малым тяговым сопротивлением // Вестник Донского государственного технического университета. 2014. Volume: 14 issue: 2(77). с. 151-163. DOI: 10.12737/4467
127. Мусин М.М. Новая индустриализация / Мусин М.М., Губанов С.С. // Сверхновая реальность. 2013. вып. 6. С. 20-27.

128. Glazovskaya M.A. Central Asian landscape-geochemical arena of accumulation and translocation of pedogenic carbonic compounds // Eurasian Soil Science. 1996. T. 29. № 1. С. 19-29.
129. Вальков В.Ф., Казадаев А.А., Креница А.М., Супрун В.А., Суханова В.М., Тащев С.С. Влияние сжигания стерни на биоту чернозема // Почвоведение. 1996. № 12. С. 1517.
130. Giuseppe Di Capua and Silvia Peppoloni. Geoethics and geoscientists: some ongoing initiatives // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-2263, 2014. EGU General Assembly 2014.
131. Eric W. Wolff. Climate change: A tale of two hemispheres // Nature. 2012. V. 484. P. 41-42.
132. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Суша>
133. Jeremy D. Shakun, Anders E. Carlson. A global perspective on Last Glacial Maximum to Holocene climate change // Quaternary Science Reviews. 2010. V. 29. P. 1801–1816.
134. Алексеев А.В. Государственные программы: реальный или номинальный инструмент управления экономикой? // Экономист. 2014. №6. С. 20-27.
135. Никитенко П.Г. Ноосферная экономика и социальная политика: стратегия инновационного развития. Минск: Беларус. наука, 2006. 479 с. <http://books.google.ru/books?id=-cGoBAAAQBAJ&pg>
136. Указ Президента Российской Федерации — России от 12 мая 2009 года № 536 «Об Основах стратегического планирования в Российской Федерации» [http://economy.gov.ru/mines/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224\\_5](http://economy.gov.ru/mines/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224_5)

### References:

1. 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.
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Oxygenation\\_Event](https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Oxygenation_Event)
3. [http://zoom.cnews.ru/rnd/news/line/more\\_ognya\\_kontsentratsiya\\_kisloroda\\_v\\_atmosfere\\_zemli\\_dohodila\\_do\\_70/](http://zoom.cnews.ru/rnd/news/line/more_ognya_kontsentratsiya_kisloroda_v_atmosfere_zemli_dohodila_do_70/)
4. Erik A. Sperling, Christina A. Frieder, Akkur V. Raman, Peter R. Girguis, Lisa A. Levin, and Andrew H. Knoll Oxygen, ecology, and the Cambrian radiation of animals // PNAS. August 13, 2013. Vol. 110 no. 33 13446–13451 doi: 10.1073/pnas.1312778110
5. Rozanov A.Y. Fossil bacteria sedimentogenesis and the early stages of evolution of biosphere // Paleontological Journal. 2003. № 6. p. 41.(in russian)
6. VI Vernadsky Biosphere. L.: Scientific and Technical Chem. ed., 1926. .(in russian)
7. Kostychev PA Soil Black Earth region of Russia, their origin, composition and properties / 1886 Ed., With the entry. Art. and notes. AN Sokolovsky. M. ; L. : OGIZ - Selkhozgiz, 1937. 239 pp. (in russian)
8. Orlenok VV Role of endogenous factors in the change in the level of ocean during the last 140 yaers // Bulletin of the Russian State University. Kant. 2009. Vol. 1. P. 8-17. (in russian)
9. Bondarenko AL Dynamics and large-scale long-period waves of the oceans and the atmosphere. Moscow, 2014. 206 pp. (in russian)
10. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Парниковые\\_газы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парниковые_газы)
11. 45 Kiselyov AA Methane in the Russian Arctic: observations and calculations / AA Kiselev, AI RESHETNIKOV // Problems of the Arctic and Antarctic. 2013. № 2 (96). pp. 5-15. (in russian)
12. Atmospheric Methane: Sources, Sinks, and Role in Global Change / Edited: M.A.K. Khalil. NATO ASI Serries. Series I. Environmental global change. V. 13. DOI 10.1007/978-3-642-84605-2
13. Glagolev MV, AV Smagin Quantification of methane emissions of marshes: from the soil profile – to region // Reports on environmental soil science. 2006. №3. Vol. 3. P. 75-114. (in russian)
14. Galanin AV Lito-biosphere of the Earth. 2012. (in russian) <http://ukhtoma.ru/litobiosphere.htm>
15. Rachael Rhodes, Edward Brook, John Chiang, Thomas Blunier, Hai Cheng, R. Lawrence Edwards, Olivia Maselli, Joseph McConnell, Daniele Romanini, Jeffrey Severinghaus, Todd Sowers, and Christopher Stowasser Continuous methane record of abrupt climate change 10–68 ka: sighting Heinrich events in the ice core record // Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-7984, 2014 EGU General Assembly 2014

16. Erwan Monier, David Kicklighter, and Andrei Sokolov. Future changes in terrestrial carbon fluxes over Northern Eurasia under uncertainty in 21st century climate change // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-9763, 2014. EGU General Assembly 2014
17. Lea Steinle, Christina Bethke, Johanna Schweers, Hermann Bange, Annette Kock, Moritz F. Lehmann, Tina Treude, and Helge Niemann. Aerobic methane oxidation in a coastal environment with seasonal hypoxia - a time series study // Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-6636-3, 2014. EGU General Assembly 2014.
18. Ingeborg Bussmann, Alexandra Kraberg, Anna Matousu, and Roman Osudar. Comparing microbial methane oxidation rates and methane distribution in arctic and boreal estuaries // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-7362, 2014. EGU General Assembly 2014.
19. Mitloehner F. Agriculture infrastructure and farming practices: Responses to climate change and population growth // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 78.
20. M. Bressac, C. Guieu, D. Doxaran, F. Bourrin, K. Desboeufs, N. Leblond, and C. Ridame. Quantification of the lithogenic carbon pump following a simulated dust-deposition event in large mesocosms // Biogeosciences, 11, 1007–1020, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1007/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1007/2014/) doi:10.5194/bg-11-1007-2014
21. I.D. Lima, P.J. Lam, and S.C. Doney. Dynamics of particulate organic carbon flux in a global ocean model // Biogeosciences, 11, 1177–1198, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1177/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1177/2014/) doi:10.5194/bg-11-1177-2014
22. A.M. Ågren, I. Buffam, D.M. Cooper, T. Tiwari, C.D. Evans, and H. Laudon. Can the heterogeneity in stream dissolved organic carbon be explained by contributing landscape elements? // Biogeosciences, 11, 1199-1213, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1199/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1199/2014/) doi:10.5194/bg-11-1199-2014
23. Winterfeld M., M. A. Goñi, J. Just, J. Hefter, and G. Mollenhauer Characterization of particulate organic matter in the Lena River delta and adjacent nearshore zone, NE Siberia – Part 2: Lignin-derived phenol compositions // Biogeosciences, 12, 2261–2283, 2015 [www.biogeosciences.net/12/2261/2015/](http://www.biogeosciences.net/12/2261/2015/) doi:10.5194/bg-12-2261-2015
24. J. Friedrich, F. Janssen, D. Aleynik, H. W. Bange, N. Boltacheva, M. N. Çagatay, A. W. Dale, G. Etiope, Z. Erdem, M. Geraga, A. Gilli, M. T. Gomoiu, P. O. J. Hall, D. Hansson, Y. He, M. Holtappels, M. K. Kirf, M. Kononets, S. Konovalov, A. Lichtschlag, D. M. Livingstone, G. Marinaro, S. Mazlumyan, S. Naeher, R. P. North, G. Papatheodorou, O. Pfannkuche, R. Prien, G. Rehder, C. J. Schubert, T. Soltwedel, S. Sommer, H. Stahl, E. V. Stanev, A. Teaca, A. Tengberg, C. Waldmann, B. Wehrli, and F. Wenzhöfer. Investigating hypoxia in aquatic environments: diverse approaches to addressing a complex phenomenon. // Biogeosciences, 11, 1215–1259, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1215/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1215/2014/) doi:10.5194/bg-11-1215-2014
25. Drewniak B. A., U. Mishra, J. Song, J. Prell, and V. R. Kotamarthi. Modeling the impact of agricultural land use and management on US carbon budgets // Biogeosciences, 12, 2119–2129, 2015 [www.biogeosciences.net/12/2119/2015/](http://www.biogeosciences.net/12/2119/2015/) doi:10.5194/bg-12-2119-2015
26. S. Caldararu, D. W. Purves, and P. I. Palmer. Phenology as a strategy for carbon optimality: a global model. // Biogeosciences, 11, 763–778, 2014. [www.biogeosciences.net/11/763/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/763/2014/) doi:10.5194/bg-11-763-2014
27. Blunier, T., Bender, M. L., Barnett, B., and von Fischer, J. C.: Planetary fertility during the past 400 ka based on the triple isotope composition of O<sub>2</sub> in trapped gases from the Vostok ice core, *Clim. Past*, 8, 1509-1526, doi:10.5194/cp-8-1509-2012, 2012.
28. Hargreaves, J. C., Annan, J. D., Ohgaito, R., Paul, A., and Abe-Ouchi, A.: Skill and reliability of climate model ensembles at the Last Glacial Maximum and mid-Holocene, *Clim. Past*, 9, 811-823, doi:10.5194/cp-9-811-2013, 2013.
29. A. Romanou, J. Romanski, and W.W. Gregg. Natural ocean carbon cycle sensitivity to parameterizations of the recycling in a climate model // Biogeosciences, 11, 1137–1154, 2014. [www.biogeosciences.net/11/1137/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/1137/2014/) doi:10.5194/bg-11-1137-2014
30. Borisenkov E.P., Yu.A. Pichugin. Possible negative scenarios of the dynamics of the biosphere as a result of human activities / Reports of the Academy of Sciences, 2001, Vol 378, №6, p. 812-814. (in russian)

31. Eric F. Wood. The Challenges of Developing a Framework for Global Water Cycle Monitoring and Predicting. // Alfred Wegener Medal Lecture. EGU General Assembly 2014. Wednesday, 30, April
32. Caspar Hewett, Jonathan Dick, Oksana Tarasova, Barbara Ferreira, Mark Wilkinson, and Paul Quinn. Geoen지니어ing the climate: the way forward? // Great Debates. GDB2. EGU General Assembly 2014. Thursday, 1, May
33. [https://en.wikipedia.org/wiki/Climate\\_engineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_engineering)
34. M. Ishii, R. A. Feely, K. B. Rodgers, G.-H. Park, R. Wanninkhof, D. Sasano, H. Sugimoto, C. E. Cosca, S. Nakaoka, M. Telszewski, Y. Nojiri, S. E. Mikaloff Fletcher, Y. Niwa, P. K. Patra, V. Valsala, H. Nakano, I. Lima, S. C. Doney, E. T. Buitenhuis, O. Aumont, J. P. Dunne, A. Lenton, and T. Takahashi. Air–sea CO<sub>2</sub> flux in the Pacific Ocean for the period 1990–2009 // *Biogeosciences*, 11, 709–734, 2014. [www.biogeosciences.net/11/709/2014/](http://www.biogeosciences.net/11/709/2014/) doi:10.5194/bg-11-709-2014
35. [https://en.wikipedia.org/wiki/Snowball\\_Earth](https://en.wikipedia.org/wiki/Snowball_Earth)
36. V.P.Gavrilov. Geotectonics. M : Publishing House of the Federal State Unitary Enterprise "Oil and Gas", 2005. 368 pp. <http://www.twirpx.com/file/363271/>
37. [http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/mirovoy\\_okean\\_primet\\_i\\_nakormit\\_razrastayus\\_hheesya\\_chelovechestvo/](http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/mirovoy_okean_primet_i_nakormit_razrastayus_hheesya_chelovechestvo/)
38. Biological productivity of aquatic ecosystems. <http://geopriroda.ru/ecology/306-biologicheskaya-produktivnost-vodnyx-yekosistem.html>
39. Kapp, Ernst, Grundlinien einer Philosophie der Technik: zur Entstehungsgeschichte der Cultur aus neuen Gesichtspunkten, 1877. 376 c.
40. Mitcham, Carl. Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy. University Of Chicago Press. 1994. ISBN 978-0-226-53198-4.
41. Korost DV, Gerke KM, Skvortsova EB Investigation of soil structure by X-ray tomography: EXAMPLES OF RUSSIAN SOIL AND PROSPECTS OF THE METHOD / Proceedings of the VI Congress of Soil Science Society of them. VV Dokuchaev. All-Russia with international participation scientific conference "Soils Russia: current state and prospects of learning and use (Petrozavodsk-Moscow, 13-18 August 2012). Petrozavodsk: Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, 2012. (in russian)
42. Moberly P.K. Deep tillage investigations on five soil types of the South African sugarbelt // Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association. 1972. P. 205–210.
43. Dmitrieva VA Transformation of the river network and river flow: Causes and Consequences // Herald of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2009. № 1. pp 84-92. (in russian)
44. Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A. and Pichura V.I. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2014. Vol. 39. № 8. P. 550–557. DOI: 10.3103/S106837391408007X
45. Shein E.V., Umarova A.B., Sokolova I.V., Milanovskii E.Yu., Shcheglov D.I. STRUCTURAL STATUS OF TECHNOGENIC SOILS AND THE DEVELOPMENT OF PREFERENTIAL WATER FLOWS // *Eurasian Soil Science*. 2009. T. 42. № 6. C. 636-644. (in russian)
46. Ochoa Carlos, Steve Guldan, Alexander Fernald, Vince Tidwell, Emile Elias, Karina Gutierrez, and Mike Borman. Surface water and shallow groundwater interactions in semiarid agro-ecosystems of the western USA // *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 16, EGU2014-3161, 2014.
47. Ajay Singh, Sudhindra Nath Panda, Wolfgang-Albert Flugel and Peter Krause Waterlogging and farmland salinization: causes and remedial measures in an irrigated semi-arid regions of India // *Irrigation and Drainage*. 2012. Volume 61. Issue 3. P. 357-365.
48. Solntseva NG, VP Kalinichenko MINERALOGICAL COMPOSITION of CHERNOZEM under anthropogenic impact. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing & Co. KG, 2011. 274 p. ISBN: 978-3-8465-1964-9. (in russian)
49. Rrigation & Water Use. United States Department of Agriculture <http://www.ers.usda.gov/topics/farm-practices-management/irrigation-water-use/background.aspx#.Ugiz99JM9Fs>

50. Balakay G.T., Ivanova N.A., Kalinitchenko V.P., Minkina T.M. Ecosystem's fragility under the continuous methods of irrigation / FAO. Global Forum on Salinization and Climate Change. Valencia. Spain. 25-29 October 2010.
51. Aral Sea Foundation info@aralsea.org
52. Israel Science & Technology: Agro-Technology. Jewis virtual library. <http://www.jewishvirtuallibrary.org/jsource/Economy/eco3.html>
53. Vojvodina LA Effect of excessive watering under the drip irrigation on the soil melioration conditions // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture: Col. Of publ. FGNU "RosNIIPM" / Ed. V.N. Shchedrin. Novocherkassk: Helicon, 2011. Vol. 45. P. 49-56. (in russian)
54. Minkin M.B., Kalinichenko V.P. Intensification of reclamation process in soils of alkaline complexes by adjusting the hydrological regime / M.B. Minkin, V.P. Kalinichenko // Soil Science. 1981. №11. P. 88-99. (in russian)
55. Kalinichenko V.P. Features of the structural organization of the soil mass in waterlogged soil slopes chernozem zone / V.P. Kalinichenko, O.G. Nazarenko, L.P. Ilina // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 1997. №5. P. 22-24. (in russian)
56. Felix Wiß, Tobias Stacke, and Stefan Hagemann. Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-14086, 2014. EGU General Assembly 2014.
57. N Devineni, U Lall, E Etienne, D Shi, C Xi. America's water risk: Current demand and climate variability // Geophysical Research Letters, 2015. V. 42. I. 7. Pp. 2285-2293.
58. ZD Wu, U Lall, M Zhao. A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production // Applied Mechanics and Materials, 2013. V. 275. Pp. 2718-2722.
59. Angst TE Impact of pine chip biochar on trace greenhouse gas emissions and soil nutrient dynamics in an annual ryegrass system in California / Angst TE, Six J, Reay DS and Sohi SP // Agroecosystems and the Environment 2014. Volume 191, 15 June 2014, Pages 17-26 <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.009>
60. Overcash, M.R., F.J. Humenlik and R.J. Miner, 1983. Livestock Waste Management. Vol. 1, CRC Press, 2000, Corporate Blvd, NW,
61. Boca Raton, F.L., S. N. Casteel, R. O. Maguire, D. W. Israel, C. R. Crozier, and J. Brake Broiler breeder manure phosphorus forms are affected by diet, location, and period of accumulation // Poultry Science (2011) 90 (12): 2689-2696 doi:10.3382/ps.2011-01584
62. Richard Muirhead A Farm-Scale Risk-Index for Reducing Fecal Contamination of Surface Waters // Journal of Environmental Quality 2015 44: 1: 248-255 doi:10.2134/jeq2014.07.0311
63. Sazykin IS, Hmelevtsova LE, Zhuravlev MV, Karchava Sh.K., Sazykina MA Clinically relevant resistance genes in microorganisms of MUNICIPAL SEWAGE of Rostov-on-Don // The role of botanic gardens in the conservation and monitoring of biodiversity. The collection of materials of the International scientific conference devoted to the 100th anniversary of the Southern Federal University. 27-30 May 2015 Rostov-on-Don: Southern Federal University Publishing, 2015. pp 589-593. (in russian)
64. Glazko VI, Glazko TT Quadruplex as a source of genomic instability // Nanotechnology and Health. V. 2013. 5. № 1 (14). Pp. 40-54. (in russian)
65. Glazko VI Shaping and microevolution: breed formation, metabolomics, SubGenius // Farm Animals. 2014. № 1 (5). pp. 20-32. (in russian)
66. Utilization of manure/litter <http://www.eco.sznii.ru/booklet.pdf>
67. Richard H. Grant and Matthew T. Boehm Manure Ammonia and Hydrogen Sulfide Emissions from a Western Dairy Storage Basin // Journal of Environmental Quality 2015 44: 1: 127-136 doi:10.2134/jeq2014.05.0196
68. NJ Stormwater Best Management Practices Manual [http://www.state.nj.us/dep/stormwater/bmp\\_manual2.htm](http://www.state.nj.us/dep/stormwater/bmp_manual2.htm)
69. Basnet, Badri Bahadur and Apan, Armando and Raine, Steven R. (2001) Selecting sites suitable for animal waste application using a raster GIS. Environmental Management, 28 (4). pp. 519-531. ISSN 0364-152X. DOI: 10.1007/s002670010241
70. Lisetskii F.N. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A. and Pichura V.I. // Russian Meteorology



And Hydrology. 2014. Vol. 39. №. 8. P. 550–557. DOI: 10.3103/S106837391408007X 28 (4). pp. 519-531.

71. Rasheed P.M.A. Sewage network now covers all areas of Dubai. The Gulf Today. January 18, 2011. <https://web.archive.org/web/20130504074926/http://gulftoday.ae/portal/7643b815-413c-458a-b095-0f38be12ce35.aspx>

72. TERI SFORZA. New plan replaces sewage sludge fiasco // Orange County Register. March 14, 2007 Updated Aug. 21, 2013 1:17 p.m. <http://www.ocregister.com/news/enertech-60484-angeles-process.html>

73. C. Minaudo, M. Meybeck, F. Moatar, N. Gassama, and F. Curie. Eutrophication mitigation in rivers: 30 years of trends in spatial and seasonal patterns of biogeochemistry of the Loire River (1980–2012) // Biogeosciences, 12, 2549–2563, 2015 [www.biogeosciences.net/12/2549/2015/](http://www.biogeosciences.net/12/2549/2015/) doi:10.5194/bg-12-2549-2015

74. Byerlee Derek. Agriculture for Development: Toward a New Paradigm / Byerlee Derek, Alain de Janvry, and Elisabeth Sadoulet // 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 есть о 42%

75. Charles M. Burt. The irrigation sector shift from construction to modernization: what is required for success? // Irrigation and Drainage/ Volume 62, Issue 3, pages 247–254, July 2013.

76. International Commission Calls for 'Paradigm Shift' in Agriculture. [www.worldwatch.org/node/5712](http://www.worldwatch.org/node/5712)

77. Marshall J. English, M.; Kenneth H. Solomon, M.; and Glenn J. Hoffman A Paradigm Shift in Irrigation Management // Journal of irrigation and drainage engineering / SEPTEMBER/OCTOBER 2002 / 267-277. 1243436570\_lgurovic\_sec4\_poso

78. Glazyev SY On the policy of advanced development in conditions of technological structures change // Bulletin of Natural Sciences. 2013. T. 13. № 1. pp 29-35. (in russian)

79. Stepin V.S. Theoretical Knowledge. M.: 2000. 744 p. (in russian)

80. <http://udf.by/news/economic/123624-dekan-mgu-seychas-nastupaet-klinicheskaya-smert-rossiyskoy-ekonomiki.html>

81. DS Pavlov, Zakharov VM. Impacts of climate change for biodiversity and biological resources Russia: priority research // The successes of modern biology. 2011. V. 131. № 4. pp. 323. (in russian)

82. <http://www.b-soc.yarkie.ru/theory-and-practice/partners/rus/%D0%9A/23>

83. Kovalchuk MV Convergence of science and technology – a new stage of scientific and technical development / MV Kovalchuk, Naraikin OS, Yatsishina EB // Problems of Philosophy. 2013. № 3. C. 3-11. (in russian) [http://vphil.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=716&Itemid=52](http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=716&Itemid=52)

84. Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). The embodied mind: cognitive science and human experience. Cambridge, Mass.: MIT Press.

85. <https://ru.wikipedia.org/wiki/экономика>

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

87. <http://cyberleninka.ru/article/n/mirovye-zapasy-urana-perspektivy-syrievogo-obespecheniya-atomnoy-energetiki#ixzz3dd5FIC1h>

88. <http://minenergo.gov.ru/activity/oilgas/>

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

90. Hammer, Michael Martin & Hershman, Lisa (2010). Faster, Cheaper, Better. Crown Books., [https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_process\\_reengineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_reengineering)

91. Green Economy. United Nation Environment Programme. <http://www.unep.org/greeneconomy/>

92. Cleveland Ch. Sustainability: A canvas of perspectives // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 7.

93. Communicating Sustainability for the Green Economy / Ed. by Lynn R. Kahle, Eda Gurel-Atay. New York: M.E.: Sharpe, 2014 ISBN 978-0-7656-3680-5.
94. Arnold T. Policy considerations for food and nutrition security towards 2050 // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 217.
95. Smirnova Olga. State strategic planning = (report of Laureate of International Prize named by N.D. Kondratieva). M : Almanac "Kondratieff wave: Palette views". 2013. 224 pp. Pp 192-199. (in russian)
96. GV Sdasyuk The concept of sustainable development of "Green Economy": the possibility of implementing in RUSSIA // Russia and the modern world. 2013. № 1. pp 22-37. (in russian) <http://elibrary.ru/item.asp?id=19048633>).
97. Kalinichenko V.P. Biogeosystem technique as an epistemological basis of ecosystem management // Living and biocased systems. December 2012. Vol. 1. <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3> (in russian)
98. Kalinichenko V.P. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities / Kalinichenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-17015, 2014. EGU General Assembly 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015, Vienna, 2014.
99. Kalinichenko V.P. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability / Kalinichenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.
100. Rotating cultivator for under-humus soil layer. Geneva. Switzerland. The international Bureau of WIPO. Geneva. Switzerland. Patent cooperation treaty WO 2005/099427 A1. International application: PCT RU/2005/000195. Classification of subject matter: A01B 13/08, 13/16, 49/02. International filing date: 15 April 2005 (15.04.2005). International publication date: 27 October 2005 (27.10.2005). Priority date: 2004111564 16 April 2004 (16.04.2004) RU. Applicant: Institut Plodorodiya Pochv Uga Rossii (IPPYUR). Inventor: V. Kalinichenko.
101. 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. Changes in the properties of soils in a solonetz soil complex thirty years after reclamation // Eurasian Soil Science, 2014, Vol. 47, Issue. 4, pp. 319–333. DOI: 10.1134/S1064229314040024 (in russian)
102. Rotating cultivator for under-humus soil layer. Geneva. Switzerland. The international Bureau of WIPO. Geneva. Switzerland. Patent cooperation treaty WO 2005/099427 A1. International application: PCT RU/2005/000195. Classification of subject matter: A01B 13/08, 13/16, 49/02. International filing date: 15 April 2005 (15.04.2005). International publication date: 27 October 2005 (27.10.2005). Priority date: 2004111564 16 April 2004 (16.04.2004) RU. Applicant: Institut Plodorodiya Pochv Uga Rossii (IPPYUR). Inventor: V. Kalinichenko. (in russian)
103. Vasilenko VN Soil fertility management in Southern federal district Russia. Part 1 / Vasilenko VN, Zinchenko, VE, VP Kalinichenko // Proceedings of the higher educational institutions. of North Caucasus region. Series: Natural sciences. 2005. № 2. pp. 78-83. (in russian)
104. Vasilenko VN Soil fertility management in Southern federal district Russia. Part 2 / Vasilenko VN, Zinchenko, VE, VP Kalinichenko // Proceedings of the higher educational institutions. of North Caucasus region. Series: Natural sciences. 2005. № 3. pp. 75-79. (in russian)
105. Helena Andersson, Lars Bergström, Barbro Ulén, Faruk Djodjic and Holger Kirchmann. The Role of Subsoil as a Source or Sink for Phosphorus Leaching // Journal of Environmental Quality. Received: Apr 24, 2014. Published: January 9, 2015/January 16, 2015. Vol. 44 No. 2, p. 535-544. doi:10.2134/jeq2014.04.0186, Опубликована 27.04.2010. Бюл. № 12. 6 с.

106. Mischenko NA, EV Gromyko, Kalinichenko V. Chernenko VV Larin SV Ecological and recreational recycling of phosphogypsum in the black earth on the example of Krasnodar territory // Fertility. 2009. №6. pp. 25-26. (in russian)
107. Kalinichenko VP Il'in VB, Endovitsky AP, Chernenko VV The patent for the invention RU № 2476055 C2. A method of synthesizing matter within the soil fine system. Patentee LLC Structure K°. IPC Cl. A01C 23/00 (2006.01). Application № 2011100187/21 (000278) on 11.01.2011. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation February 27, 2013. Posted 02.27.2013. Bull. №6. (in russian)
108. Batukaev A.A. Chemical equilibrium of soil solution in steppe zone soil / Batukaev A.A., Endovitsky A.P., Minkina T.M., Kalinichenko V.P., Dikaev Z.S., Sushkova S.N. // American Journal of Agricultural and Biological Sciences 9 (3): 420-429, 2014. DOI:10.3844/ajabssp.2014.420.429 Published Online 9 (3) 2014 (<http://www.thescipub.com/ajabs.toc>)
109. Kalinichenko VP, Starcev VF. Recycling of poultry litter by method of Biogeosystem technique // International Journal of Environment Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 17-48.
110. Kalinichenko V.P. Soil ecosystem management in birdlime utilization / Kodzoev M.M., Tochiev A.M., Mamilov B.B., Bazgiev M.A. // European researcher. 2012. T. 25. № 7. C. 1042-1049.
111. Kalinichenko VP, VF Starcev Method of disposal of waste slaughtering IPC A22B7/00 (2006.01) A61L11/00 (2006.01) A01B 33/02 (2006.01) A01C 23/00 (2006.01). Application № 2013154612/17 (085276) on 09/12/2013 (in russian)
112. Mindubaev AZ OPPORTUNITY of anaerobic biodegradation of white phosphorus / Mindubaev AZ , Voloshin AD, Kulik, NV, Minzanova ST, Mironov LG, Yahvarov DG, Alimov FK , Ahossiyenagbe SK, Ch Bolormaa // Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2013. V. 9. № 2. pp 4-15. (in russian)
113. Mindubaev AZ, DG Yahvarov BIODEGRADATION as a method of recycling. PART 2 A LOOK AT THE PROBLEM. Are xenobiotics the xenobiotics? // Butlerov Communications. 2013. V. 34. № 4. pp. 1-20. (in russian)
114. M. B. Jenkins, H. H. Schomberg, D. M. Endale, D. H. Franklin and D. S. Fisher Hydrologic Transport of Fecal Bacteria Attenuated by Flue Gas Desulfurization Gypsum // Journal of Environmental Quality 2014 43: 1: 297-302 doi:10.2134/jeq2012.0132
115. The method of intra-soil pulse discrete irrigation: Pat. 2386243 RU. IPC (7) A01G 25/06, 23/02 A01S / Kalinichenko VP; applicant and patentee Kalinichenko VP. Appl № 009102490/12. 26.01.09. Publ. 20.04.10, Bul. Number 11. (in russian)
116. Kalinichenko V.P. Concept of intrasoil continually-discrete pulse irrigation / V.P. Kalinichenko, T.M. Minkina, O.S. Bezuglova, A.A. Zarmaev, O.V. Romanov, VC-D. Kim // Environmental Engineering. 2013. № 2. P. 6-11. (in russian)
117. Kalinichenko Valery, Zarmaev Ali. The new intrasoil pulse discrete concept of irrigation // Proc. of the 4-th Internat. Congress «EUROSOIL 2012». 2 – 6 July 2012. Bari, Italy. P. 1848.
118. Vinogradsky SN Soil Microbiology: Problems and methods. M. L : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1952. 793 pp. (in russian)
119. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y., Littschwager J., Lauerer M. Plant traits regulating n capture define microbial competition in the rhizosphere // European Journal of Soil Biology. 2014. T. 61. p. 41-48. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2014.01.002
120. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y., Blagodatsky S., Anderson T.-H. Microbial growth and carbon use efficiency in the rhizosphere and root-free soil // PLoS ONE. 2014. T. 9. № 4. C. e93282. DOI: 10.1371/journal.pone.0093282
121. L. Ma, C. Guo, X. Lü, S. Yuan, and R. Wang. Soil moisture and land use are major determinants of soil microbial community composition and biomass at a regional scale in northeastern China // Biogeosciences, 12, 2585–2596, 2015 [www.biogeosciences.net/12/2585/2015/](http://www.biogeosciences.net/12/2585/2015/) doi:10.5194/bg-12-2585-2015
122. Kalinichenko V.P., Il'in V.B., Endovitsky A.P., Chernenko V.V. Method for extraction of substances from the fine system. Patent RU № 2464967 C2. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation, October 27, 2012. Posted on 27.10.2012. Bull. Number 30. IPC Cl. A61J 1/20 (2006.01), A61M 3/00 (2006.01), B03C 5/00 (2006.01). Patent holder: Company Structure K°. Application № 2011100186/13 (000277) on 11.01.2011. (in russian)

123. Benz Kotzen Novel ideas for maximising dew collection to aid plant establishment to combat desertification and restore degraded dry and arid lands // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-1481, 2014. EGU General Assembly 2014.
124. Oren Shelef, Elaine Soloway, and Shimon Rachmilevitch. Introduction and domestication of woody plants for sustainable agriculture in desert areas // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-11829, 2014. EGU General Assembly 2014.
125. Greek philosophy [http://en.wikipedia.org/wiki/Philosophy\\_of\\_technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Philosophy_of_technology)
126. Kalinichenko VP Sharshak VK Ladan EP, Illarionov VV, Genev ED Technical means for subsurface tillage with low traction resistance // Herald of Don State Technical University. 2014. Volume: 14 issue: 2 (77). with. 151-163. DOI: 10.12737/4467 (in russian)
127. Musin MM, SS Gubanov New industrialization // Supernovaya reality. 2013. Vol. 6. P. 20-27. (in russian)
128. Glazovskaya M.A. Central Asian landscape-geochemical arena of accumulation and translocation of pedogenic carbonic compounds // Eurasian Soil Science. 1996. T. 29. № 1. С. 19-29.
129. Valkov VF, Kazadaev AA Kremenitsa AM, VA Suprun, VM Sukhanov, Taschiev SS. Influence of burning stubble on biota of chernozem // Soil science. 1996. № 12. pp. 1517. (in russian)
130. Giuseppe Di Capua and Silvia Peppoloni. Geoethics and geoscientists: some ongoing initiatives // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-2263, 2014. EGU General Assembly 2014.
131. Eric W. Wolff. Climate change: A tale of two hemispheres // Nature. 2012. V. 484. P. 41-42.
132. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Суша>
133. Jeremy D. Shakun, Anders E. Carlson. A global perspective on Last Glacial Maximum to Holocene climate change // Quaternary Science Reviews. 2010. V. 29. P. 1801–1816.
134. Alekseev AV Government programs: real or nominal instrument of economic regulation? // Economist. 2014. №6. S. 20-27. (in russian)
135. Nikitenko PG Noospheric economics and social policy: the strategy of innovative development. Minsk Belarus. Science, 2006. 479 p. (in russian) <http://books.google.ru/books?id=-cGoBAAAQBAJ&pg>
136. Decree of the President of the Russian Federation on May 12, 2009 № 536 "On the basis of strategic planning in the Russian Federation" [http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224\\_5](http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224_5) (in russian)

УДК 551.588: 631.4:574:55:91:33:62

### Биогеосистемотехника как метод стабилизации климата Земли

Валерий Петрович Калиниченко

Институт плодородия почв юга России, Российская Федерация  
346493, Ростовская область Персиановка, Кривошлыкова, 2  
доктор биологических наук, профессор  
E-mail: kalinitch@mail.ru

**Аннотация.** Модели динамики климата Земли неустойчивы. Климатическая инженерия ориентирована на преобразование климата Земли, но ее методы в значительной степени противоречат природе биосферы. Циклы вещества на Земле преимущественно завершаются в Мировом океане, геологических отложениях, что приводит к обеднению биосферы и периодическим катастрофическим завершениям ее очередного цикла. Это неприемлемо с точки зрения сохранения современной Цивилизации. Современные индустриальная технологическая платформа обуславливает повышение степени неопределенности биосферы и климата Земли, в том числе, ввиду неверного применения экономических инструментов, системных недостатков современных имитационных

индустриальных технологий экологии, природопользования, промышленности, сельского хозяйства, урбанизации, ориентированных на решение узких частных задач. Это обуславливает техногенную деградацию биосферы и вероятность утраты жизни на Земле не в состоянии решить проблему стабилизации климата.

Предложена биогеосистемотехника – научно-техническое направление, исключаящее противостояние Человечества и Биосферы. Биогеосистемотехника позволяет контролировать состояние дисперсной системы почвы, управлять ее вещественным составом, в том числе влажностью, агрегатными свойствами, улучшать условия развития растений, минимизация расходования энергии и вещества на создание единицы биомассы за счет корректного управления протеканием биологического процесса. Обеспечивается возможность возобновлять ресурсы, расширить биосферу и увеличить ее биомассу, производить больше продовольствия, сырья и биотоплива, уменьшить затраты энергии и материала путем роботизации.

На базе биогеосистемотехники предложен алгоритм демпфирования неопределенности климата Земли. Основной мотив алгоритма – усилить и равномерно рассредоточить фотосинтез в биосфере Земли, что позволит уменьшить постоянную времени утилизации парниковых газов непосредственно в фотосинтезе (углекислый газ) и в атмосфере (ионизация воздуха за счет фотосинтеза усилит естественное окисление метана в атмосфере), удлинить биологическую фазы углерода и других веществ.

**Ключевые слова:** биосфера, изменение климата, биогеосистемотехника, климат, управление.

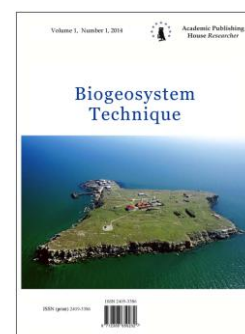
Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 4, Is. 2, pp. 138-152, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.138

[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## The Science and the Problems of Development

UDC 575.174.015.3:599.723

### Genomic Scanning Using Inverted Repeats of Microsatellites (GAG)<sub>6</sub>C, (AG)<sub>9</sub>C

<sup>1</sup>Tatiana T. Glazko

<sup>2</sup>Gleb Yu. Kosovskiy

<sup>3</sup>Svetlana N. Kovaltchuk

<sup>4</sup>Boris L. Zybaïlov

<sup>5</sup>Valery I. Glazko

<sup>1, 2, 3, 5</sup> Centre of experimental embryology and reproductive biotechnology, Russian Federation

<sup>1, 5</sup> Russian State Agricultural University – Moscow Timiryasev's Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> University of Arkansas for Medical Sciences (UAMS), USA  
Little Rock, AR

<sup>1</sup> Dr (Agric), Professor

<sup>2</sup> Dr (Biology), Corresponding member of Russian Academy of Natural Sciences, Director of the Centre of experimental embryology and reproductive biotechnology

<sup>3</sup> PhD (Biology), Ass. Professor

<sup>4</sup> PhD (Biology)

<sup>5</sup> Dr (Agric), Professor, Full member of Russian Academy of Natural Sciences, Full member of Russian Academy of Sciences (foreign member)

E-mail: [vigvalery@gmail.com](mailto:vigvalery@gmail.com)

#### Abstract

The sequencing of genomic DNA fragments of holsteinized cattle with a length of about 550 nucleotides, flanked by inverted repeats of microsatellites (GAG)<sub>6</sub>C and (AG)<sub>9</sub>C and search their homology to the reference bovine genome in GenBank database was first performed. In most cases, homologous (GAG)<sub>6</sub>C sequences were localized in immune genes and cellular signaling systems or in their 5' flanks in the intergenic space. The most frequently sequenced of genome regions, flanked by inverted repeat (AG)<sub>9</sub>C met areas of homology with long dispersed nuclear element LINE-1, species specific for *Bos taurus* – L1-BT, or the products of recombination between them. This leads to the conclusion that the microsatellite AG is closely linked with this product of recombination. The data obtained indicate that microsatellites, even with the very similar core motives, such as (GAG)<sub>6</sub>C and (AG)<sub>9</sub>C, differed significantly from each other in association with different genomic elements. The data obtained must be considered when using different microsatellites in order genomic scanning. A possible value for these differences of susceptibility of

the investigated microsatellites to the formation of various non-canonical DNA structures such as the G4 quadruplexes, appearing of molecular (DNA-RNA) triplexes were discussed.

**Keywords:** microsatellites, sequencing, non-canonical structure of DNA, retroviruses, the purine-pyrimidine tracks, triplexes, G4 quadruplexes.

### Введение

Генные и геномные технологии XXI века привели к возможности идентифицировать гены и геномные элементы, вовлеченные в адаптации, участвующие в процессах макро и микроэволюции, позволили перейти к анализу не отдельных генов, а генных сетей. Один из следующих ключевых шагов в эволюционной биологии будет выяснение механизмов влияния генотипической (геномной) среды на фенотипические ответы на давление искусственного и естественного отбора. Наиболее удобной моделью для таких исследований являются животные сельскохозяйственных видов. Примером этому является развитие методов геномной селекции, на которые возлагают особые надежды при работе со сложными количественными признаками, например, в молочном скотоводстве [1].

Геномные сканирования – главное направление и главный признак современной популяционной геномики XXI века. За несколько прошлых лет существенно расширился набор биологических систем, в которых выполнялись исследования геномного разнообразия в разных условиях сред обитания и давления искусственного и естественного отбора. Логика такого геномного сканирования заключается в том, что аллели в нейтральных областях геномов будут свободно перемещаться от популяции к популяции через генный поток, в то время как мишени естественного или искусственного отбора покажут более высокое геномное расхождение в разных средах обитания. Геномное сканирование может варьировать от использования пары сотен маркеров до истинного геномного сканирования путем полного секвенирования геномов. Суть этих методов довольно проста и основана на том, что среди сотен тысяч генотипов по мононуклеотидным заменам (single nucleotide polymorphism - SNP) отбираются полилокусные генотипы, общие, например, для быков с высоким селекционным индексом, в который включена оценка по молочной продуктивности их дочерей, и в дальнейшем используются для прогноза повышенной вероятности селекционной ценности молодых бычков. Такой подход, очевидно, может существенно сократить временной промежуток между поколениями. Этому способствует создание коммерческих ДНК-чипов для множественного генотипирования по SNP. В то же время, использование ДНК-чипов с высокой плотностью SNP нередко вступает в противоречие с экономической целесообразностью, в связи с чем, в частности, в мясном скотоводстве применяют ДНК-чипы с низкой плотностью SNP (3-7K). Относительно низкая экономическая эффективность применения SNP-панелей для прогноза проявления хозяйственно ценных признаков у крупного рогатого скота обусловлена разными причинами, которые могут быть подразделены на три группы. Одна из них связана с тем, что для большинства включаемых в анализ фенотипических признаков более 50 % наследственной изменчивости попадают в геномные области с небольшими фенотипическими эффектами, порядок величин которых соответствует полигенному характеру наследования. Наглядным примером является, в частности, то, что попытки картирования главных генов молочной продуктивности с использованием SNP у трех французских специализированных молочных пород привели к выявлению разных генов, общим для которых являлось только то, что их экспрессия находится под контролем гипофизарно-надпочечниковой оси.

Кроме того, такие характеристики молочной продуктивности как, например, общий удой, имеют, как правило, низкий коэффициент наследуемости и существенно зависят от факторов окружающей среды, что наглядно продемонстрировано при оценках племенной ценности дочерей одних и тех же быков по удою их дочерей, рожденных в разных эколого-географических регионах.

Другая группа источников противоречий связана собственно с методами организации SNP-панелей, а именно с неизбежными ошибками в процессе секвенирования генома крупного рогатого скота, с трудностью дифференциации между случайными, структурными и функциональными редкими аллельными вариантами SNP, с различиями между частотами встречаемости SNP в дуплицированных и одиночных последовательностях

геномной ДНК, а также с ошибками в определении дублированных геномных последовательностей.

Третья группа источников сложностей применения SNP-панелей для контроля геномной структуры групп крупного рогатого скота и выявления генотипов, ассоциированных с фенотипическим проявлением хозяйственно ценных признаков, тесно связана с проблемами математической обработки большого массива получаемых данных, моделирования таких ассоциаций и их объективного анализа.

Совокупность перечисленных проблем приводит к возвращению к относительно более простым методам геномного сканирования (полилокусного генотипирования) крупного рогатого скота с целью разработок более простых, эффективных и менее затратных методов решения классических задач генетики животных сельскохозяйственных видов, таких как исключение ошибок происхождения, разработка методов прогноза количества и качества конечной продукции, устойчивости к условиям содержания и к инфекционным агентам, контроль наличия наследственных заболеваний и инфицированности патогенами, реконструкция истории и генеалогии пород и выяснение специфики их генофонда, разработка генетически обоснованных программ устойчивого использования местных пород и их сохранения, картирование главных генов количественных признаков в целях геномной селекции.

Для решения перечисленных задач в последние годы широко использовалось генотипирование по микросателлитным локусам. По-видимому, сложности использования генотипирования по микросателлитам обусловлены, прежде всего тем, что они выполняются по небольшому количеству локусов (не более двух десятков.). Поэтому их используют, в основном для генетической паспортизации. В этом отношении особый интерес представляют микросателлиты, формирующие инвертированные повторы в пределах расстояний до 2 тысяч пар нуклеотидов, что позволяет использовать их в качестве праймеров в полимеразной цепной реакции (ПЦР или PCR) для получения полилокусных спектров фрагментов ДНК, удобных для геномного сканирования. Этот метод получил название ISSR-PCR (ISSR-Inter-Simple Sequence Repeat, внутренние простые повторяющиеся последовательности).

ISSR-маркеры выгодно отличаются наличием информации о структурных особенностях их флангов (предрасположенность к петлеобразованию) от таких, например, как AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism – полиморфизм длины амплифицированных фрагментов), применяемых для полилокусного генотипирования и являющихся также «анонимными» по нуклеотидному содержанию амплифицируемых фрагментов ДНК.

Ранее нами были получены данные, свидетельствующие о том, что по ISSR-PCR маркерам группы черно-пестрого голштинизированного скота, отличающиеся по инфицированию вирусом бычьего лейкоза (Bovine Leukose Virus – BLV) и характеристиками молочной продуктивности, существенно дифференцируются по генетической структуре. Причем, генетические взаимоотношения между группами зависят от микросателлитов, используемых в PCR в качестве праймеров. Полиморфизм спектров продуктов амплификации (ампликонов), полученных в результате применения в качестве праймеров последовательностей (AGC)<sub>6</sub>C и (GAG)<sub>6</sub>C оказался сходным у всех групп коров, инфицированных BLV, вне зависимости от их молочной продуктивности, а спектры праймера (AG)<sub>9</sub>C дифференцировали коров с высокой молочной продуктивностью от животных с низкой продуктивностью, независимо от их инфицированности BLV [2]. Секвенирование фрагмента ДНК, фланкированного инвертированным повтором (AGC)<sub>6</sub>C, позволило обнаружить присутствие последовательностей, гомология к которым отсутствовала в секвенированном геноме герефорда (мясная порода) GenBank и относительно повышенную частоту встречаемости участков ретротранспозонов и их рекомбинантов, видоспецифичных для *Bos taurus* [3]. Полученные данные соответствуют результатам геномного секвенирования, свидетельствующим о тесной связи микросателлита с коровым мотивом AGC с видоспецифичным ретротранспозоном и их ассоциированным распространением в геноме крупного рогатого скота [4].

В целях выяснения нуклеотидного содержания фрагментов ДНК, фланкированных инвертированным повторами участков микросателлитов (GAG)<sub>6</sub>C и (AG)<sub>9</sub>C и их



изменчивости, в настоящей работе выполнено секвенирование фрагментов геномной ДНК коров голштинизированной породы хозяйства «Можайское» длиной около 500 пар нуклеотидов, фланкированных инвертированными повторами (GAG)<sub>6</sub>C и (AG)<sub>9</sub>C. Сравнение секвенированных последовательностей, фланкированных микросателлитом (GAG)<sub>6</sub>C и (AG)<sub>9</sub>C, представляет особый интерес потому, что оба этих микросателлита являются пурин/пиримидиновыми треками, предрасположенными к формированию таких неканонических структур ДНК, как триплексы, выполняющих существенную роль в формировании вторичных структур ДНК и РНК, влияющих на процессы репликации, транскрипции, частоту мутационных событий [5, 6]. Причем, не смотря на близость коровых мотивов и принадлежности к пурин-пиримидиновым трекам, эти микросателлиты отличаются тем, что (GAG)<sub>6</sub>C, в отличие от (AG)<sub>9</sub>C, предрасположены к формированию других неканонических мотивов ДНК, G4 квадруплексов.

### Материалы и методы

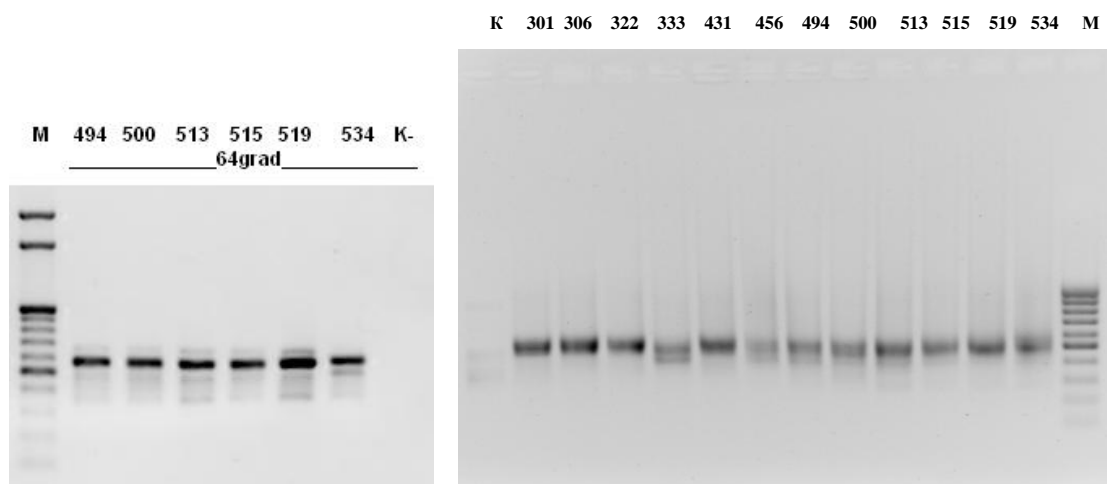
В работе использовали образцы тотальной ДНК, выделенной из цельной крови 12-ти коров черно-пестрой голштинизированной породы. Пробы крови были отобраны в декабре 2011 г. из хвостовой вены стерильными катетерами с использованием ЭДТА в качестве антикоагулянта. По результатам предыдущих исследований [7], три коровы были инфицированы вирусом бычьего лейкоза (№№ 494, 513, 519) и три коровы оказались свободными от инфекции (№№ 500, 515, 534).

ДНК выделяли с помощью набора Magna™ DNA Prep 200 («Лаборатория Изоген», Россия). Инкубационная смесь объемом 20 мкл содержала 2 мкл 10-кратного буфера и 1 мкл (5 ед.) Taq-полимеразы («Синтол», Россия), 2 мкл раствора dNTP (10 mM каждого), 1 мкл праймера (AGC)<sub>6</sub>G (20 пкмоль), 2 мкл (0,5-1 мкг) ДНК, 12 мкл деионизированной воды. ПЦР проводили при следующих условиях: начальная денатурация в течение 1 мин при 94°C; 35 циклов (30 с при 94°C, 30 с при 55°C, 2 мин при 72°C); финальная элонгация при 72°C в течение 10 мин. Электрофорез продуктов амплификации проводили в 1 % агарозном геле. В качестве маркеров использовали M25 DNA Ladder и M11 DNA Ladder («СибЭнзим», Россия). На секвенирование были взяты фрагменты ДНК длиной 450 - 550 пар нуклеотидов (п.н.), выделенные из агарозных гелей. Получение библиотеки фрагментов ДНК проводили по протоколу подготовки быстрых библиотек, клональную эмульсионную ПЦР и секвенирование проводили с использованием наборов реактивов согласно рекомендациям фирмы-производителя (Roche). Определение нуклеотидных последовательностей ампликонов проводилось на геномном анализаторе GS Junior (Roche). Определено около 22 млн. п.н., 70 223 прочтений были идентифицированы как пригодные для дальнейшего анализа, из них были отобраны только последовательности длиной не менее 380 нп.

Секвенированные данные организовывали с учетом разработанных методов такого анализа [8, 9, 10]. Последовательности группировались в отдельные кластеры («риды») на основании их идентичности.

Выравнивание секвенированных последовательностей каждого кластера с хромосомными последовательностями *Bos taurus* выполняли с использованием алгоритмов программы BLASTn (ресурс <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>). Для анализа присутствия в секвенированных последовательностях участков, идентичных микросателлитам и диспергированным повторам, использовали компьютерные программы RepeatMasker (<http://www.repeatmasker.org/>) и Giri (<http://www.girinst.org>). Принадлежность генов, в которых присутствовали участки гомологии к секвенированным последовательностям, к различным функциональным группам и метаболическим путям, определяли с использованием базы данных GeneCards.

## Результаты и их обсуждение



**Рис. 1.** Амплифицированные и секвенированные последовательности геномных ДНК чернопестрых коров, фланкированных инвертированным повтором микросателлитов GAG (слева) и AG (справа).

М – маркер молекулярных масс, k – контроль без геномной матрицы с полным составом реакционной смеси, с праймером.

Над каждой дорожкой указаны номера исследованных коров

В результате выполненных процедур амплификации, выделения и секвенирования фрагмента геномной ДНК черно-пестрых голштинизированных коров, получен ряд нуклеотидных последовательностей, анализ которых выполнялся с использованием алгоритмов программ BLASTn (ресурс <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>), RepeatMasker (<http://www.repeatmasker.org/>) и Giri (<http://www.girinst.org/>), а также базы данных GeneCards.

С использованием алгоритмов программы BLSTn, выполнен поиск участков гомологии к последовательности праймера gaggaggaggaggaggagc в плюс- и минус цепях секвенированного генома коровы мясной породы герефорд, представленных в базе GenBank. Оказалось, что таких последовательностей в геноме существенно меньше по сравнению, например, с таким микросателлитом, как agcagcagcagcagcagcagcagcagc [3]. Если учитывать только полную гомологию, суммарно таких участков 79, с одной или двумя заменами – 762. В связи с низкой частотой встречаемости микросателлит с коровым мотивом gag даже не вошел в результаты геномного анализа частот встречаемости три-нуклеотидных микросателлитов у крупного рогатого скота, в отличие от микросателлита с мотивом agc [4].

Учитывая нуклеотидные ошибки, возникающие при проведении полимеразной цепной реакции, процедуры самого секвенирования, наличия фильтров для удаления из результатов недостаточно качественно секвенированных участков, традиционно рекомендуется в анализ секвенированных последовательностей включать только те, которые образуют кластеры («риды»), содержащие не менее 12 идентичных копий нуклеотидных последовательностей [11].

В результате секвенирования получены следующие данные. В последовательностях, несущих участки гомологии к праймеру (GAG)<sub>6</sub>C в «ридах», содержащих более 12-ти идентичных копий, среди межгенных областей только 4 встречаются у всех без исключения коров (хромосома 3, на 3' конце участка гомологии к gaggaggaggaggaggag располагается ген предшественника макрофаг-колонии стимулирующего фактора; хромосома 20 - ген фактора регуляции транскрипции IRX-1, опухоль-супрессирующий фактор; хромосома 22 – ген белка RFT1, участвующего в гликолизировании белков для их транспорта в каналцы эндоплазматического ретикулума; хромосома 25 – ген рибосомального белка 39S L28, митохондриального предшественника) и 8 в структурных генах (хромосома 5 – cytohesin-4 –

член семейства белков PSCD, участвующих в белковом сортинге и связывании белков с плазматическими мембранами; хромосома 8 – palladin isoform X2, AKT1 – член семейства серин/треонин киназ, ингибирующих апоптоз; хромосома 13 – potassium voltage-gated channel subfamily B member 1, участвующий в контроле клеточного объема и ионной проводимости; хромосома 15 – arf-GAP с доменом Rho-GAP – ADP-рибозилирующий фактор (ARF) GTPаза активирующий белок, участвующий в перестройках цитоскелета в процессах клеточной дифференцировки; хромосома 16 – MAP kinase-activated protein kinase 2 – член семейства серин/треонин киназ MAP метаболического пути, который является интегральной точкой пересечения множества внутриклеточных процессов, таких как пролиферация, цитодифференцировка, регуляция транскрипции; хромосома 18 – phosphotyrase b kinase регуляторная субъединица, взаимодействует с кальмодулином, участвует в фосфорилировании серина в ряде субстратов, в частности, тропонина; хромосома 19 – gas-related protein Rab-40B, участвует в формировании внутриклеточных секреторных везикул; хромосома 27 – deoxycytidylate deaminase, специфичная ДНК-одноцепочечная цитидин-деаминаза, связана с соматическим гипермутагенезом, генной конверсией и класс-переключающей рекомбинацией В-лимфоцитов.

В общем, из 12-ти разных участков полной гомологии к последовательности gagaggaggaggaggagc, два связаны с регуляцией транскрипции, два с функцией иммунной системы, все остальные – со структурными элементами клетки, плазматическими и внутриклеточными мембранами, элементами цитоскелета.

Сама последовательность микросателлита с коровым мотивом GAG предрасположена не только к формированию триплексов, в том числе и межмолекулярных (ДНК-РНК), но и к образованию G4 квадруплексов – сложной вторичной структуре ДНК, непосредственно вовлекаемой как в регуляцию генной экспрессии, так и в повышенную частоту мутационных событий [12]. Можно ожидать, что ее локализация в перечисленных геномных участках в определенной степени ассоциирована с регуляторными событиями, вовлеченными в функцию иммунной системы, а также перестройки клеточной архитектоники.

В связи с тем, что фланги секвенированного участка включали инвертированный повтор микросателлита, что само по себе предполагает высокую вероятность возникновения спонтанных мутаций и ошибок при получении конечных данных, далее в анализ мы включали все без исключения последовательности, даже если в кластере («риде») их количество не превышало двух копий.

При анализе всех секвенированных последовательностей получены следующие данные. В отличие от фрагментов ДНК, фланкированных инвертированным повтором (AGC)<sub>6</sub>C [3], все, без исключения, кластеры имели участки гомологии в полностью секвенированном геноме *Bos taurus*, представленном в GenBank, полученном на основании генома коровы мясной породы герефорд [4].

Участки гомологии к 49-ти фрагментам обнаруживались в межгеномном пространстве на разных хромосомах. Анализ функциональных особенностей структурных генов, локализованных по данным GenBank на 3' концах таких участков гомологии с использованием базы данных GeneCards, позволил их подразделить на 13 функциональных групп. Чаще всего, в 8-ми из 49 случаев, их 3' концы находились вблизи с 5' флангами генов, участвующими в функционировании иммунной системы, такими как макрофаг-стимулирующий фактор, семейства иммуноглобулин-подобных рецепторов лейкоцитов, тяжелая цепь иммуноглобулинов эpsilon, поверхностные рецепторы Т-клеток. Вторая по частоте встречаемости функциональная группа таких последовательностей включала системы передачи сигнала (в 6-ти из 49 случаев), такие как ольфакторные рецепторы, содержащие домен SH3 киназа – связывающие белки, тирозин фосфатазы, гены цАМФ метаболического пути. Остальные фрагменты гомологии локализовались рядом с началами генов, которые относились к регуляторам пролиферации (3 участка), ДНК фолдинга (4 участков), геометрии клетки (4 участка), адгезии (1 участок), к факторам регуляции транскрипции (5 участков), рибосомальным белкам (4 участка), к регуляторам транспорта в клетку (3 участка), секреции (2 участка), убиквитин\_зависимых путей (4 участка), липидного синтеза (2 участка), углеводного синтеза (3 участка). В общем, участки гомологии к секвенированным последовательностям, локализованные в межгеномных пространствах и обладающие предрасположенностью к формированию триплексов (как содержащие

пурин/пиримидиновые треки), располагались преимущественно перед структурными генами, продукты которых участвуют в функциях иммунной системы и клеточных каскадах передачи сигнала.

Собственно в структурных генах обнаружено 57 участков гомологии, причем, в отличие от 13-ти функциональных групп генов на 3' флангах таких участков, в выборке генов с внутренними гомологичными последовательностями обнаруживается 11 функциональных групп, без генов, продукты которых участвуют в регуляции секреции и липидного синтеза. Ведущими группами оказались гены иммунной системы (7 генов), клеточных систем передачи сигналов (8 генов) и регуляции транскрипции (8 генов). Несколько иное распределение обнаруживается и по участкам гомологии в генах, продукты которых участвуют в регуляции пролиферации (6 генов), ДНК фолдинга (5 генов), геометрии клетки (3 гена), адгезии (5 генов), рибосомальным белкам (3 гена), к регуляторам транспорта в клетку (4 гена), убиквитин-зависимых путей (4 гена), углеводного синтеза (4 гена).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что среди секвенированных последовательностей чаще всего встречаются ассоциированные с генами иммунной и сигнальной систем. Причем из 8-ми генов, расположенных на 3' фланге участков гомологии к микросателлиту (GAG)<sub>6</sub>C и из 7 структурных генов, в которых есть участки гомологии к этой последовательности, продукты которых вовлечены в функции иммунной системы, четыре гена одинаковы (табл.1).

Таблица 1. Гены иммунной системы, в которых обнаруживаются участки гомологии к нуклеотидной последовательности (GAG)<sub>6</sub>C, или расположенные рядом с 3' концом этой последовательности

Межгенное пространство с участками гомологии к (GAG) <sub>6</sub> C на 3' флангах которой расположены следующие гены:								
Гены на 3' флангах	antimicrobial peptide NK-lysin-like isoform X2	leukocyte immunoglobulin-like receptor subfamily B member	cancer/testis antigen 47A-like	immunoglobulin heavy constant epsilon	receptor-type tyrosine-phosphatase U precursor	T-cell surface glycoprotein CD4 isoform X	B-cell lymphoma/leukemia 11B isoform X	macrophage colony-stimulating factor
	Хромосома 11	Хромосома 18	Хромосома X	Хромосома 21	Хромосома 2	Хромосома 5	Хромосома 21	Хромосома 3
Структурные гены с участками гомологии к (GAG) <sub>6</sub> C								
Структурные гены	antimicrobial peptide NK-lysin-like isoform X2	leukocyte immunoglobulin-like receptor, subfamily B	cancer/testis antigen 47A-like	immunoglobulin heavy constant epsilon	C-C motif chemokine 25 precursor	rho guanine nucleotide exchange factor 40	paired box protein Pax-5 isoform X1	
	Хромосома 11	Хромосома 18	Хромосома X	Хромосома 21	Хромосома 7	Хромосома 10	Хромосома 8	

То есть, такие гены как antimicrobial peptide NK-lysin-like isoform X2 (хромосома 11); leukocyte immunoglobulin-like receptor subfamily B member (хромосома 18); immunoglobulin heavy constant epsilon (хромосома 21) и cancer/testis antigen 47A-like (хромосома X) могут нести участки гомологии к последовательности gaggaggaggaggaggagc как в межгенном пространстве, на своем 5' конце, так и внутри гена. Следует отметить, что на хромосоме 21 ген immunoglobulin heavy constant epsilon (присутствующий в результатах секвенирования у всех исследованных коров) расположен вблизи гена B-cell lymphoma/leukemia 11B isoform X и между ними у некоторых животных также обнаруживается участок гомологии к последовательности (GAG)<sub>6</sub>C. Из этого

следует, что участок гомологии может располагаться как рядом с 5' флангом этого гена, внутри него и за его 3' концом. Причем ген B-cell lymphoma/leukemia 11B isoform X хорошо известен предпочтительной интеграцией в нем провирусной ДНК при миелоидной лейкемии у мышей, индуцируемой встройкой ретровируса.

Известно также, что длинные концевые повторы (LTR) провирусной ДНК вируса BLV содержат последовательности, предрасположенные к формированию таких неканонических структур ДНК, как G4 квадруплексы [13], триплексы (in vivo и in vitro) [6]. В наших собственных исследованиях ранее нами было показано, что сравнительно длинный пурин-пиримидиновый трек длиной в 13 п.о., предрасположенный к формированию межмолекулярных триплексов ДНК-РНК, и отличающийся относительно повышенным консерватизмом как в секвенированных последовательностях GenBank, так и лимфомах, индуцированных BLV, начинается в LTR BLV с 90 нуклеотида (СТТССССТТССС) и локализован в области второго участка TxRE [13]. Нами также были выявлены короткие пурин-пиримидиновые треки, которые могут создавать как шпильчатые, так и триплексные структуры в LTR BLV - два участка ТСТСТССТ, от 364 нуклеотида и от 458 нуклеотида, и одна инвертированная по отношению к ним последовательность AGGAGAGA (с позиции 485 нуклеотид), первая на расстоянии в 113 нуклеотидов от инвертированной последовательности, вторая – на расстоянии 19 нуклеотидов. Можно ожидать, что встройки провирусной ДНК с такими флангами, предрасположенными к формированию неканонических структур ДНК, оказывают существенное влияние на экспрессию рядом расположенных генов.

Участок TxRE (Tax-responsive elements), связывающий активатор транскрипции провирусной ДНК (Tax), в котором выявлен пурин-пиримидиновый трек, представляет особый интерес, поскольку локализован в энхансерном участке LTR. Показано, что Tax непосредственно участвует в регуляции транскрипции провирусной ДНК BLV и оказывает существенное влияние на экспрессию генов хозяина, связанных с клеточной пролиферацией и дифференцировкой, иммортализацией первичных клеточных популяций в системе in vitro, увеличения скорости мутирования путем подавления эксцизионной репарации ДНК [14]. Показано, что Tax активирует белки, принадлежащие сигнальному пути активаторов белков 1 (activator protein 1 – AP-1), в который входят, в частности, FBJ остеосаркома онкоген (FOS), jun proto-oncogene – JUN) и ряд других, через взаимодействие с другими транскрипционными метаболическими путями (G-protein, GTP-binding proteins и т.д.) [15]. Не смотря на широкий спектр мишеней регуляторных эффектов Tax белка, принято считать, что в общем, одной из ведущих мишеней регуляторных эффектов этого белка являются гены, кодирующие белки, связанные с функцией иммунной системы [14]. Мотивы TxRE, предрасположенные к формированию неканонических вторичных структур ДНК, как мишени опознавания Tax, могут быть вовлечены в эти процессы. В наших исследованиях последовательности gaggaggaggaggaggagc, предрасположенные к формированию G4 квадруплексов и межмолекулярных триплексов (ДНК-РНК), также обнаруживаются преимущественно в связи с генами, продукты которых участвуют в функциях иммунной системы, а также в передаче сигналов.

Среди полученных нами результатов секвенирования геномных фрагментов инфицированных BLV и свободных от инфекции коров был только один структурный ген antimicrobial peptide NK-lysin, участок которого всегда входил в секвенированные последовательности продукта амплификации геномной ДНК, фланкированной инвертированным повтором gaggaggaggaggaggagc, у всех трех инфицированных BLV коров и отсутствовал у 2-х коров, свободных от инфекции. То есть, у всех инфицированных коров высока вероятность подавления экспрессии этого гена за счет образования межмолекулярного триплекса (ДНК-РНК) и, соответственно, подавления транскрипции [5]. У двух коров, свободных от BLV, участки гомологии к (GAG)<sub>6</sub>C в этом гене отсутствовали, что приводило к его отсутствию в секвенированных продуктах амплификации при использовании (GAG)<sub>6</sub>C в полимеразной цепной реакции в качестве праймера.

У третьей коровы, свободной от инфекции, присутствие этого участка в структурном гене совпадало с присутствием его же в межгенном пространстве на 5' конце гена, что позволяет предполагать сложный механизм взаимодействия между ними.

Очевидно, что связь между присутствием в гене NK-lysin (сапозин) последовательности, предрасположенной к формированию неканонических ДНК структур и сниженной

чувствительностью коров к инфицированию BLV, требует дальнейших экспериментальных исследований. Однако факт совпадения присутствия в нем инвертированной последовательности (GAG)<sub>6</sub>C, предрасположенной к формированию сложных неканонических вторичных структур ДНК и снижению эффективности транскрипции, у инфицированных BLV коров, по нашему мнению, заслуживает особого внимания. Сапозин – член семейства сапозин-подобных белков (SAPLIP), локализованных в цитотоксических гранулах Т клеток, освобождающихся при антиген стимуляции. Этот белок присутствует в цитотоксических гранулах цитотоксических Т лимфоцитов и нуллеров-киллеров (NK клетки), описана их антимикробная активность по отношению к туберкулезной бактерии *M. tuberculosis*, других инфекционных агентов, а также участие в защите от некоторых ретровирусных инфекций, таких как вирус иммунодефицита человека (HIV) [16, 17, 18, 19, 20].

Следует подчеркнуть, что HIV по ряду своих характеристик очень близок к BLV и исследования организации последнего, взаимодействия его с многоклеточными организмами часто используются как модель для получения новой информации об особенностях HIV [20].

С использованием программ RepeatMasker (<http://www.repeatmasker.org/>) и Gini (<http://www.girinst.org>) был выполнен в секвенированных последовательностях поиск участков гомологии среди диспергированных повторов. В отличие от результатов такого поиска в секвенированных последовательностях ДНК, фланкированных инвертированным повтором (AGC)<sub>6</sub>G, выполненного нами ранее [3], в данном случае диспергированных повторов оказалось всего 12, причем участки гомологии были относительно короткими (табл. 2).

Таблица 2. Мобильные генетические элементы, гомология к которым обнаружена в секвенированных фрагментах, фланкированных инвертированным повтором (GAG)<sub>6</sub>C, в геномной ДНК коров, инфицированных вирусом бычьего лейкоза (+BLV), и свободных от инфекции (-BLV)

№№ Коровы	494 +BLV	500 - BLV	513+BLV	515-BLV	519+BLV	534-BLV
Транспозоны	Координаты участков гомологии в п.о. (гомология не менее 80%)					
ДНК транспозон Sola1-1_ACas	1 - 53	нет	1 – 53	1 - 53	1 - 53	нет
ДНК транспозон DNA/hAT	нет	нет	нет	нет	нет	2031-2116
ДНК транспозон CHARLIE2A	нет	нет	нет	нет	нет	12-96
Ретротранспозон Copia-22_PIT-I	257-305	257-305	160-208	161-209	нет	нет
Ретротранспозон Copia-8_TA-I	нет	349-461	нет	нет	нет	нет
Ретротранспозон Gypsy-15_CFI-I	нет	нет	358-437	357-436	358-437	нет
Ретротранспозон Gypsy-18_SCH-I	нет	нет	366-421	367-422	1-56	нет
Ретротранспозон Gypsy-32_Mad-I	нет	нет	нет	нет	нет	126-222
Ретротранспозон LTR76_EC	нет	401-484	400-484	нет	нет	нет
Ретротранспозон LTR-14B_Crp	429-457	нет	нет	нет	нет	нет
Ретротранспозон RMER17C2 (ERV/ERV2)	нет	нет	нет	нет	нет	472-503
Ретротранспозон REP-19_CPВ	нет	нет	322-433	нет	нет	нет



Такой продукт рекомбинации, как представленный на рис. 2, присутствующий в межгенном пространстве между генами томорегулин и предшественником транспортера цинка, обнаруживается в секвенированных последовательностях всех исследованных коров без исключения, а также встречается в ряде секвенированных последовательностях, имеющих гомологию с межгенными и генными последовательностями референсного генома.

Оценена распространенность L1\_BT с использованием алгоритма BLAT (в открытом доступе <http://genome.ucsc.edu/cgi-bin/hgBlat> <http://emb-bioinfo.fsaa.ulaval.ca/bioinfo/html/cgi-bin/hgBlat?hgsid=2400&command=start>). Обнаружено, что на всех без исключения хромосомах референсного генома *Bos taurus* с высокой частотой встречается этот вариант рекомбинации между двумя L1-BT. Это позволяет сделать вывод о том, что микросателлит AG тесно связан именно с этим продуктом рекомбинации.

Не наблюдается выраженных отличий между геномами коров по представленности в секвенированных последовательностях ретротранспозонов или ДНК транспозонов, вне зависимости от инфицированности коров вирусом бычьего лейкоза. У каждой коровы участки, фланкированные инвертированными повторами (AG)<sub>n</sub>C, оказывались ассоциированы с простыми и сложными микросателлитами (ACTC, TC, GA).

Суммарно у 12-ти исследованных коров секвенированные последовательности размером около 500 пар оснований, фланкированные инвертированным повтором (AG)<sub>n</sub>C, локализируются с уровнем гомологии выше 95 % в 156 межгенных пространствах и 80-ти структурных генах референсного генома.

Во всех группах секвенированных последовательностей, полученных на геномной матрице разных коров, присутствовали с 3'конца фрагмента такие гены как zinc transporter ZIP10 precursor (хромосома 2), solute carrier family 22 member 16 (хромосома 9), Attractin и attractin isoform X1 (хромосома 13), proteasome assembly chaperone 3 (хромосома 25), zinc finger C4H2 domain-containing protein isoform X2 (хромосома X).

Участки гомологии присутствовали в следующих структурных генах: SET and MYND domain-containing protein 1 (хромосома 11), neuronal PAS domain-containing protein 3 (хромосома 21), inactive carboxypeptidase-like protein X2 precursor (хромосома 26), disrupted in schizophrenia 1 protein isoform 1 (хромосома 28). В большинстве фрагментов присутствовали участки гомологии к мобильным генетическим элементам, как правило, образующие рекомбинантные продукты.

### **Заключение**

В популяционной геномике в последние годы широкое распространение получили методы полилокусного генотипирования (геномного сканирования) с использованием разных молекулярно-генетических маркеров, начиная с мононуклеотидных замен (Single Nucleotide Polymorphisms – SNP), до полного секвенирования. К одному из таких методов относится оценки полиморфизма фрагментов ДНК, фланкированных инвертированными повторами участков микросателлитных локусов (Inter-Simple Sequence Repeat – ISSR-PCR) [1]. Фирма «Прикладные биосистемы» (Applied Biosystems – [www.appliedbiosystems.com](http://www.appliedbiosystems.com)) по согласованию с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО) (Food and Agriculture Organization (FAO)) и Международным обществом генетики животных (International Society of Animal Genetics (ISAG)) разработала тест-систему для генотипирования для крупного рогатого скота по 11-ти микросателлитам. Однако, по-видимому, сложности использования генотипирования по микросателлитам обусловлены прежде всего тем, что они выполняются по небольшому количеству локусов (не более двух десятков), полиморфизм которых (аллельное разнообразие, частота спонтанного мутирования, скорость фиксации аллелей) существенно отличается от одного локуса к другому. В этом отношении особый интерес представляют микросателлиты, формирующие инвертированные повторы в пределах расстояний до 2 тысяч пар нуклеотидов, использование которых получило название ISSR-PCR (ISSR-Inter-Simple Sequence Repeat, внутренние простые повторяющиеся последовательности). К достоинствам этого метода относится то, что в полимеразной цепной реакции (PCR) происходит множественная адресная амплификация фрагментов геномной ДНК, длиной, как правило, от 200 до 2000 пар оснований (п.о.), у которых есть выраженная структурная особенность – наличие



на флангах инвертированного повтора, маркирующего предрасположенность к формированию неканонических структур – ДНК петель. В то же время, существенным его недостатком, кроме доминантного характера присутствия амплифицируемого фрагмента ДНК, является «анонимность» нуклеотидных последовательностей, заключенных между известными флангами. Этот вопрос представляет особый интерес, поскольку количество амплифицируемых фрагментов ДНК, их полиморфизм у одних и тех же животных существенно отличается в зависимости от микросателлита, участок которого используется в качестве праймера в PCR [1].

Существенным недостатком ISSR-маркеров является доминантный характер их проявления, поскольку присутствие фрагмента ДНК определенной длины в спектре продуктов амплификации, полученных в ПЦР с использованием фрагмента микросателлита в качестве праймера, не позволяет отличить гомозиготу от гетерозиготы. Кроме того, «анонимное» нуклеотидное содержание амплифицируемых фрагментов ДНК одинаковой длины не исключает возможности их внутренней нуклеотидной гетерогенности при амплификации с разных геномных участков. С другой стороны объективным достоинством ISSR-маркеров является их «адресность» – принадлежность амплифицируемых участков ДНК только к тем участкам геномов, где на расстоянии до 2 тысячи пар нуклеотидов (т.п.н.) локализован инвертированный повтор микросателлита, что позволяет исследовать геномное распределение таких повторов.

Полученные результаты наших исследований по геномным секвенированным нуклеотидным последовательностям позволяют сделать следующее заключение. В результате впервые выполненного секвенирования нуклеотидных последовательностей, длиной около 550 п.о., фланкированных инвертированными повторами (GAG)<sub>6</sub>C и (AG)<sub>9</sub>C, обнаружены существенные отличия между ними. Инвертированный повтор первого микросателлита встречается с примерно одинаковой частотой в межгенных пространствах и в структурных генах, участки гомологии ко второму микросателлиту обнаруживаются в два раза чаще в межгенных пространствах, чем в структурных генах. Участки гомологии к последовательности (GAG)<sub>6</sub>C фланкируют геномные районы, в которых не наблюдается повышенная частота встречаемости видоспецифичных для *Bos taurus* ретротранспозонов или продуктов их рекомбинации.

Не обнаружено выраженных отличий в секвенированных фрагментах, фланкированных инвертированным повтором (AG)<sub>9</sub>C, полученных на геномной ДНК инфицированных вирусом бычьего лейкоза и свободных от инфекции. Это хорошо согласуется с полученными нами ранее данными о том, что полиморфизм в спектрах продуктов амплификации, полученных с праймером (AG)<sub>9</sub>C, не дифференцирует коров с интеграцией провирусного генома этого вируса в геном коров, и свободных от такой интеграции.

Полученные данные свидетельствуют о том, что микросателлит (AG)<sub>9</sub>C тесно ассоциирован с другими ди- и тетромикросателлитами, с ретротранспозонами, включая видоспецифичные для *Bos taurus* LINE и SINE и эндогенные ретровирусы, с их фрагментами (в частности, с LTR) и продуктами их рекомбинации. Все это свидетельствует в пользу предположений, имеющих в литературных источниках, о том, что некоторые микросателлиты являются «меткой» или «реперной точкой» геномных участков, предпочтительных для встраивания и выщепления ретротранспозонов. Отсюда следует их активная возможность участия в микро и макроэволюционных событиях. В то же время, полученные нами данные свидетельствуют о выраженных отличиях между содержанием фрагментов геномной ДНК крупного рогатого скота, фланкированных инвертированными повторами микросателлитов, даже имеющих такие выраженные сходства по коровым мотивам, как микросателлиты (GAG)<sub>6</sub>C и (AG)<sub>9</sub>C.

### Примечания

1. Глазко В.И., Косовский Г.Ю., Глазко Т.Т. Введение в геномную селекцию животных. М.: ООО "Приятная компания", 2012. 258 с.
2. Косовский Г.Ю., Глазко В.И., Архипов А.В., Петрова И.О., Глазко Т.Т. Популяционно-генетическая дифференциация молочного скота по ISSR-PCR маркерам. // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. №5. С.53-56.

3. Глазко В.И., Косовский Г.Ю., Ковальчук С.Н., Архипов А.В., Петрова И.О., Дедович Г.О., Глазко Т.Т. Инвертированный повтор микросателлита (AGC)<sub>6</sub> фланкирует районы ДНК с участками гомологии к ретротранспозонам в геноме крупного рогатого скота. // Инновационные технологии в медицине. 2014. 2(03). С. 63-79.
4. Tellam R.L., Worley K.C. The genome sequence of taurine cattle: a window to ruminant biology and evolution. // *Science*. 2009. 324: 522-528
5. Buske F.A., Mattick J.S., Bailey T.L. Potential in vivo roles of nucleic acid triple-helices// *RNA Biology*. 2011. V. 8. №3. P. 427-439
6. Limanskaya O.Yu. Polypurine/polypyrimidine sequences with potential of forming triplexes in the proviral DNA of bovine retroviruses // *Cytology and Genetics*. 2010 V. 44. №1: 10-18.
7. Косовский Г.Ю., Сотникова Е.А., Мудрик Н.Н., Cuong V.C., Тоан Т.Х., Ноан Т.Х., Глазко В.И. Диагностика лейкоза КРС с помощью праймеров к генам gag и pol. // *Ветеринария*. 2013. №8: 58-61.
8. Ewing B., Green P. Base-calling of automated sequencer traces using phred. II. Error probabilities. // *Genome Res*. 1998. 8: 186-194.
9. Ewing B., Hillier L., Wendl M. C., Green, P. Basecalling of automated sequencer traces using phred. I. Accuracy assessment. // *Genome Res*. 1998. 8: 175-185.
10. Gordon D., Abajian C., Green, P. Consed: a graphical tool for sequence finishing. // *Genome Res*. 1998. №8: 195-202
11. Ребриков, Д.В., Коростин, Д.О., Шубина, Е.С., Ильинский, В.В. NGS: высокопроизводительное секвенирование/ Д. В. Ребриков. М., 2014. 232 с.
12. Zybailov B.L., Sherra M.D., Glazko G.V., Raney K.D., Glazko V.I. G4-quadruplexes and genome instability // *Molecular Biology*. 2013. V. 47. № 2. P. 197-204.
13. Самуйленко А.Я., Косовский Г.Ю., Гринь С.А., Синковец С.М., Глазко Т.Т., Глазко В.И. Полиморфизм и потенциальные неканонические структуры в LTR вируса бычьего лейкоза / В сб: Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов для АПК. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию института ВНИТИБП, 27-28 ноября 2014 г. / Под ред. акад. РАН А.Я. Самуйленко. М., 2014. 525 с. С. 106-117.
14. Arainga M., Takeda E., Aida Y. Identification of bovine leukemia virus tax function associated with host cell transcription, signaling, stress response and immune response pathway by microarray-based gene expression analysis // *BMC Genomics* 2012. 13:12, <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/13/121>
15. Aida Y, Murakami H, Takahashi M., Takeshima S-N. Mechanisms of pathogenesis induced by bovine leukemia virus as a model for human T-cell leukemia virus// *Front. Microbiol*. 2013. V. 4. Article 328, doi:10.3389/fmicb.2013. 00328
16. Lee M.O., Kim E-H, Jang H-J., Park M-N, Woo H-J., Han J.Y., Womack J.E. Effects of a single nucleotide polymorphism in the chicken NK-lysin gene on antimicrobial activity and cytotoxicity of cancer cells // *PNAS*. 2012. Vol. 109, №30. P. 12087-12092.
17. Zhang M, Li M-f, Sun L. NKLP27: A Teleost NK-Lysin Peptide that Modulates Immune Response, Induces Degradation of Bacterial DNA, and Inhibits Bacterial and Viral Infection. // *PLoS ONE*. 2014. V. 9. Is. 9. e106543. doi:10.1371/journal.pone.0106543
18. Pitabut N., Sakurada S., Tanaka T., Ridruechai C., Tanuma J., Aoki T., Kantipong P., Piyaworawong S., Kobayashi N., Dhepakson P., Yanai H., Yamada N., Oka S., Okada M., Khusmith S., Keicho N. Potential Function of Granulysin, Other Related Effector Molecules and Lymphocyte Subsets in Patients with TB and HIV/TB Coinfection. // *Int. J. Med. Sci*. 2013. Vol. 10. №8. P. 1003-1014.
19. Endsley J. J., Furrer J. L., Endsley M.A., McIntosh M.A., Maue A.C., Waters W. R., Lee D.R., Estes D.M. Characterization of Bovine Homologues of Granulysin and NK-lysin // *The Journal of Immunology*. 2004. V. 173. P. 2607-2614.
20. Gillet N.A., Gutierrez G., Rodriguez S.M., de Brogniez A., Renotte N., Alvarez I., Trono K., Willems L. Massive Depletion of Bovine Leukemia Virus Proviral Clones Located in Genomic Transcriptionally Active Sites during Primary Infection. // *PLoS Pathog*. 2013. V. 9. №10: e1003687. doi:10.1371/journal.ppat.1003687

### References:

1. Glazko VI, Kosovskiy GYu, Glazko TT. Introduction to genomic selection of animals. M.: OOO "Good company", 2012. 258 pp. (in russian)
2. Kosovskiy GYu, Glazkov VI, Arkhipov AV, Petrova IO, Glazko TT. Population-genetic differentiation of dairy cattle by ISSR-PCR markers. // *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2014. №5. pp. 53-56. (in russian)
3. Glazko VI, Kosovskiy GYu, Kovalchuk SN, Arkhipov AV, Petrova IO, Dedovich GO, Glazko TT. Inverted repeat of microsatellite (AGC)<sub>6</sub> flanks the regions of DNA with homology to retrotransposons in the genome of cattle. // *Innovative technologies in medicine*. 2014 2 (03). pp. 63-79. (in russian)

4. Tellam R.L., Worley K.C. The genome sequence of taurine cattle: a window to ruminant biology and evolution. // *Science*. 2009. 324: 522-528
5. Buske F.A., Mattick J.S., Bailey T.L. Potential in vivo roles of nucleic acid triple-helices// *RNA Biology*. 2011. V. 8. №3. P. 427-439
6. Limanskaya O.Yu. Polypurine/polypyrimidine sequences with potential of forming triplexes in the proviral DNA of bovine retroviruses // *Cytology and Genetics*. 2010 V. 44. №1: 10-18.
7. Kosovskiy GYu, Sotnikova EA, Mudrik NN, Cuong VC, Toan TX, Hoan TX, Glazko VI. Diagnosis of bovine leukemia by primers for genes gag and pol. // *Veterinary Medicine*. 2013. №8: 58-61. (in russian)
8. Ewing B., Green P. Base-calling of automated sequencer traces using phred. II. Error probabilities. // *Genome Res*. 1998. 8: 186-194.
9. Ewing B., Hillier L., Wendl M. C., Green, P. Basecalling of automated sequencer traces using phred. I. Accuracy assessment. // *Genome Res*. 1998. 8: 175-185.
10. Gordon D., Abajian C., Green, P. Consed: a graphical tool for sequence finishing. // *Genome Res*. 1998. №8: 195-202
11. Rebriko, DV, Korostin DO, Shubin ES, Ilyinsky VV. NGS: high-throughput sequencing / DV Rebrikov. M.: BINOM. Knowledge Laboratory, 2014. 232 pp. (in russian)
12. Zybailov B.L., Sherpa M.D., Glazko G.V., Raney K.D., Glazko V.I. G4-quadruplexes and genome instability // *Molecular Biology*. 2013. V. 47. № 2. P. 197-204.
13. Samujlenko AYa, Kosovskiy GYu, Grin' SA, Sinkovets SM, Glazko TT, Glazko VI. Polymorphism and potential non-canonical structure of bovine leukemia virus LTR / In: Scientific bases of production and quality of biological products for the agricultural sector. Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 45th anniversary of the Institute VNITIBP, 27-28 November 2014 / Ed. Acad. RAS AYa Samujlenko. Moscow, 2014. 525 pp. Pp. 106-117. (in russian)
14. Arainga M., Takeda E., Aida Y. Identification of bovine leukemia virus tax function associated with host cell transcription, signaling, stress response and immune response pathway by microarray-based gene expression analysis // *BMC Genomics* 2012. 13:12, <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/13/121>
15. AidaY, Murakami H, Takahashi M., Takeshima S-N. Mechanisms of pathogenesis induced by bovine leukemia virus as a model for human T-cell leukemia virus// *Front. Microbiol*. 2013. V. 4. Article 328, doi:10.3389/fmicb.2013. 00328
16. Lee M.O., Kim E-H, Jang H-J., Park M-N, Woo H-J., Han J.Y., Womack J.E. Effects of a single nucleotide polymorphism in the chicken NK-lysin gene on antimicrobial activity and cytotoxicity of cancer cells // *PNAS*. 2012. Vol. 109, №30. P. 12087-12092.
17. Zhang M, Li M-f, Sun L. NKLP27: A Teleost NK-Lysin Peptide that Modulates Immune Response, Induces Degradation of Bacterial DNA, and Inhibits Bacterial and Viral Infection. // *PLoS ONE*. 2014. V. 9. Is. 9. e106543. doi:10.1371/journal.pone.0106543
18. Pitabut N., Sakurada S., Tanaka T., Ridruechai C., Tanuma J., Aoki T., Kantipong P., Piyaworawong S., Kobayashi N., Dhepakson P., Yanai H., Yamada N., Oka S., Okada M., Khusmith S., Keicho N. Potential Function of Granulysin, Other Related Effector Molecules and Lymphocyte Subsets in Patients with TB and HIV/TB Coinfection. // *Int. J. Med. Sci*. 2013. Vol. 10. №8. P. 1003-1014.
19. Endsley J. J., Furrer J. L., Endsley M.A., McIntosh M.A., Maue A.C., Waters W. R., Lee D.R., Estes D.M. Characterization of Bovine Homologues of Granulysin and NK-lysin // *The Journal of Immunology*. 2004. V. 173. P. 2607-2614.
20. Gillet N.A., Gutierrez G., Rodriguez S.M., de Brogniez A., Renotte N., Alvarez I., Trono K., Willems L. Massive Depletion of Bovine Leukemia Virus Proviral Clones Located in Genomic Transcriptionally Active Sites during Primary Infection. // *PLoS Pathog*. 2013. V. 9. №10: e1003687. doi:10.1371/journal.ppat.1003687

УДК 575.174.015.3:599.723

### **Геномное сканирование с использованием инвертированных повторов микросателлитов (GAG)<sub>6</sub>C, (AG)<sub>9</sub>C**

- <sup>1</sup>Татьяна Теодоровна Глазко
- <sup>2</sup>Глеб Юрьевич Косовский
- <sup>3</sup>Светлана Николаевна Ковальчук
- <sup>4</sup>Борис Леонтьевич Зыбайлов
- <sup>5</sup>Валерий Иванович Глазко

<sup>1, 2, 3, 5</sup> Центр экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий, Российская Федерация

127422, Москва

<sup>1, 5</sup> РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация

127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: vigvalery@gmail.com

<sup>4</sup> Университет Арканзаса по медицинским наукам (UAMS), США

4301 W Markham St, Little Rock, AR 72205

<sup>1</sup> Доктор биологических наук, профессор

<sup>2</sup> Доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии естественных наук, директор центра экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий

<sup>3</sup> Кандидат биологических наук, доцент

<sup>4</sup> Кандидат биологических наук

<sup>5</sup> Доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии естественных наук, академик Российской академии наук (иностраный член)

E-mail: vigvalery@gmail.com

**Аннотация.** Впервые выполнено секвенирование фрагментов геномной ДНК крупного рогатого скота черно-пестрой голштиinizированной породы длиной около 550 пар нуклеотидов, фланкированных инвертированными повторами микросателлитами (GAG)<sub>6</sub>C и (AG)<sub>9</sub>C, произведен поиск их гомологии в референсном геноме крупного рогатого скота в базе GenBank. В большинстве случаев гомологичные (GAG)<sub>6</sub>C последовательности локализуются в генах иммунной и клеточной сигнальной систем или на их 5' флангах в межгенном пространстве. Наиболее часто в исследованных секвенированных последовательностях фланкированных инвертированным повтором (AG)<sub>9</sub>C встречались участки гомологии с длинным диспергированным ядерным элементом LINE-1, видоспецифичным для *Bos taurus* – L1-BT, или продукты рекомбинации между ними. Это позволяет сделать вывод о том, что микросателлит AG тесно связан именно с этим продуктом рекомбинации. Полученные данные свидетельствуют о том, что микросателлиты, даже с близкими значениями коровых мотивов, такие как (GAG)<sub>6</sub>C и (AG)<sub>9</sub>C, существенно отличаются друг от друга по ассоциациям с разными геномными элементами. Полученные данные необходимо учитывать при использовании разных микросателлитов в целях геномного сканирования. Обсуждается возможное значение для таких отличий предрасположенности исследованных микросателлитов к формированию различных неканонических структур ДНК, таких как G4 квадруплексы, межмолекулярные (ДНК-РНК) триплексы.

**Ключевые слова:** микросателлиты, секвенирование, неканонические структуры ДНК, ретровирусы, пурин-пиримидиновые треки, триплексы, G4 квадруплексы.

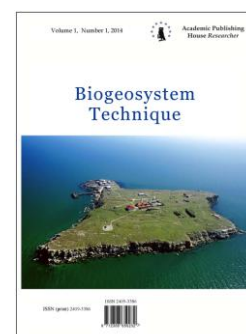
Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 4, Is. 2, pp. 153-163, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.153

[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## Articles and Statements

UDC 631.453 633.31/37 581.5

### Evaluation of Migration Ability of Zn in the Soil-Plant System

<sup>1</sup>Vjacheslav S. Anisimov

<sup>2</sup>Lidia N. Anisimova

<sup>3</sup>Ljudmila M. Frigidova

<sup>4</sup>Dmitry V. Dikarev

<sup>5</sup>Ruslan A. Frigidov

<sup>6</sup>Ilja V. Kochetkov

<sup>7</sup>Nanalia I. Sanzharova

<sup>1-7</sup>Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, Russian Federation  
Kievskoe shosse, 109 km, Obninsk, Kaluzhskaya oblast', 249032

<sup>1</sup>PhD (Biology), Head of Laboratory

E-mail: [vsanisimov@list.ru](mailto:vsanisimov@list.ru)

<sup>2</sup>PhD (Biology), senior researcher

E-mail: [lanisimovan@list.ru](mailto:lanisimovan@list.ru)

<sup>3</sup>PhD (Biology), senior researcher

E-mail: [rus3386@gmail.com](mailto:rus3386@gmail.com)

<sup>4</sup>Researcher

E-mail: [rus3386@gmail.com](mailto:rus3386@gmail.com)

<sup>5</sup>Researcher

E-mail: [rus3386@gmail.com](mailto:rus3386@gmail.com)

<sup>6</sup>PhD (Biology), senior researcher

E-mail: [ikochetkoff@gmail.com](mailto:ikochetkoff@gmail.com)

<sup>7</sup>Dr (Biology), professor, corresponding member of Russian Academy of Science, Vice-Director of Institute

E-mail: [natsan2004@mail.ru](mailto:natsan2004@mail.ru)

#### Abstract

Zinc migration patterns in the soil–plant systems were studied in the pot experiment as dependent on soil type, as well as metal concentrations. The quantified values of Zn migration were determined with use of fodder beans (*Vicia faba* L.) as a test culture. Threshold concentrations of Zn were established in the sod-podzolic sandy loam, peat swamp low-lying soils and chernozem leached silty clay loam, which manifest itself in phytotoxicity. It is shown that edaphic factors play an important role in regulating the mobility of Zn in the soil - plant system as physiological characteristics of the plants. The different approaches to rationing of Zn in soils are also presented.

**Keywords:** zinc, fodder beans, forms of location, mobility, bioavailability, concentration ratio, phytotoxicity, rationing.

## Введение

Повышение концентрации тяжёлых металлов (ТМ) в почвах в результате техногенного загрязнения ведет к негативным эффектам в аграрных экосистемах: потерям урожая, ухудшению качества сельскохозяйственной продукции, снижению микробиологической активности почв. В группу ТМ помимо токсичных металлов (Pb, Hg и др.), входят химические элементы (Cu, Mo, Zn и др.), которые в фоновых концентрациях необходимы для живых организмов. Высокие концентрации химических элементов могут оказывать негативное воздействие на микроорганизмы, растения, животных и представлять опасность для здоровья человека. Опасность, вызываемая загрязнением ТМ, усугубляется еще и слабым выведением их из почвы. Так, например, период полураспада почв от Zn составляет 70–510 лет [1].

Почва способна иммобилизовывать ТМ за счет сорбции их минеральными компонентами, специфическими и неспецифическими высокомолекулярными органическими соединениями, окклюдируются, соосаждения и прочих механизмов, проявляющихся в виде буферной (инактивирующей) способности почв по отношению к данным поллютантам. Принимая это во внимание, при определении ПДК тяжелых металлов необходимо учитывать влияние почвенных характеристик на подвижность поллютантов в почве и фитотоксичность. Благодаря различию свойств исследуемые почвы обладают неодинаковыми способностями сорбировать и удерживать ионы  $Zn^{2+}$ , препятствуя тем самым переходу металла в растения.

Целью работы являлась оценка подвижности, биологической доступности и фитотоксичности Zn в почвах разного генезиса, существенно различавшихся по физическим и химическим свойствам. Для выполнения поставленной цели были заложены комплексные вегетационные опыты, где в качестве тест-культуры использовались кормовые бобы (*Vicia faba* L.).

## Материалы и методы

Поведение Zn в системе почва – растение изучали в вегетационных опытах в контролируемых тепличных условиях (температура 20–27 °С, относительная влажность воздуха 60–70 %, влажность почвы 60 % от полной влагоемкости ПВ). Объектом исследования служили кормовые бобы (*Vicia faba* L.) сорта Орлецкие (лабораторная всхожесть семян – 92,5 %, сила роста – 73 %), выращиваемые на трех типах почв: дерново-подзолистой супесчаной окультуренной (Жуковский район Калужской области), черноземе слабовыщелоченном тяжелосуглинистом (Курская область) и торфяной болотной низинной (Спас-Деменский район Калужской области). Физические и химические показатели почв (табл. 1) определяли общепринятыми методами [2, 3]:  $pH_{KCl}$  ( $pH_{водн}$ ) – потенциометрическим методом в суспензии почвы в 1 М растворе KCl (дистиллированной воде) при соотношении твердой и жидкой фаз 1:2.5 (1:25 – для торфяной почвы), гранулометрический состав почв – пипеточным методом Н.А. Качинского [2], содержание гумуса – по методу Тюрина, гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу, содержание подвижных форм  $P_2O_5$  – по Кирсанову и  $K_2O$  – по Масловой.

Перед посевом в почву добавляли питательные элементы в виде водных растворов солей ( $KH_2PO_4$ ,  $K_2CO_3$ ) из расчета  $P_{100}$  и  $K_{100}$ . Zn (водный раствор нитрата) вносили в минеральные почвы в количествах, кратных массовой доле металла (мг/кг воздушно-сухой почвы) в контрольных вариантах, (табл. 1) из расчета: 25, 50, 100, 175, 250 и 500 мг/кг (дерново-подзолистая почва); 50, 100, 250, 500, 750 и 1000 мг/кг (чернозем слабовыщелоченный); 250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 мг/кг (торфяная болотная низинная почва). Для органогенной почвы количество вносимого Zn дополнительно корректировали (в сторону повышения) с учетом объемной массы почвы.

В каждой почве вносимое количество азота корректировали по варианту с максимальной дозой Zn с помощью раствора  $N_{aa}$ . Растения выращивали в пластиковых сосудах объемом 5 л, содержащих по 5 кг высушенных на воздухе дерново-подзолистой почвы, чернозема слабовыщелоченного и 1.5 кг торфяной низинной почвы. Контролем служил вариант с NPK без внесения Zn. Опыт проводили в 6-кратной повторности.

Концентрацию Zn в растениях, содержание подвижных форм и валовое количество элементов в почвах определяли в соответствии с методикой [4]. Содержание подвижных

форм ТМ определяли экстракцией с помощью ацетатно-аммонийного буфера (рН 4.8) и вытяжки 1 М НСl, общее количество – экстракцией 7М ННО<sub>3</sub> при кипячении в присутствии Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>.

Коэффициенты биологического накопления Zn (далее просто коэффициенты накопления – КН) рассчитывались как отношение содержания элементов в сухой биомассе растений к содержанию их в почве. Воздействие загрязнения разных типов почв Zn на состояние растений оценивали по изменению показателей урожая:

- средняя сухая биомасса 1 растения (для этого половину растений в сосуде убрали через 75 сут. после посева и учитывали массу только надземных частей растений).

- средняя масса семян 1 растения (оставшиеся растения в сосудах убрали после созревания урожая – через 100 сут. после посева).

Статистический анализ полученных данных проводили стандартными методами с использованием MS Excel.

Таблица 1. Основные характеристики почв

Показатель	Дерново-подзолистая супесчаная	Чернозем слабовыщелоченный тяжелосуглинистый	Торфяная болотная низинная
рН <sub>КСl</sub>	5.05±0.01	5.49±0.01	4.35±0.01
рН <sub>водн.</sub>	6.04±0.01	6.23±0.02	4.72±0.01
Гумус, %	1.67±0.03	5.13±0.19	21.3±0.9*
Массовая доля фракции (мм) в почве, %			
1-0.25	35.08	0.77	-
0.25-0.05	15.64	0.47	-
0.05-0.01	30.88	50.62	-
0.01-0.005	5.20	10.67	-
0.005-0.001	7.30	8.52	-
<0.001	5.89	28.95	-
Физическая глина (<0.01 мм)	18.39	48.14	-
Илистая фракции (<2µм), %	8.75	33.44	-
Н <sub>г</sub> , мг- экв/100 г почвы	1.89±0.02	3.17±0.01	44.0±1.9
Сумма обменных оснований, мг- экв/100 г почвы	5.3±0.1	34.4±0.2	105.0±1.0
Обменный К <sub>2</sub> О, мг/кг (по Масловой)	77.7±1.3	123.9±2.4**	372.7±3.9
Подвижный Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , мг/кг (по Кирсанову)	126.9±1.9	120.0±1.3**	28.2±0.6

\* - зольность торфа, %; \*\* - по Чирикову

### Результаты и их обсуждение

Zn является одним из наиболее биологически доступных элементов в почве – содержание подвижной фракции (экстрагируемой разбавленными минеральными кислотами) может достигать 20–60 % [5].

Подвижность Zn зависит от соотношения форм нахождения (различных химических соединений) его в почвах. Для их фракционирования традиционно используются «групповые реагенты». В качестве группового реагента для извлечения из почв «подвижного», а также «доступного» растениям Zn традиционно используется ацетатно-аммонийный буферный раствор (ААБ), (рН 4.8), [4, 6]. Цинк, содержащийся в виде кислоторастворимых соединений, которые извлекаются при помощи группового реагента 1 М НСl (или 1 М ННО<sub>3</sub>), считается потенциально доступным растениям. Металл, не извлекающийся с помощью вышеперечисленных групповых реагентов, считается прочнофиксированным [6]. Внесение Zn в виде водорастворимых соединений приводит к увеличению его подвижности в почвах и, как следствие, к росту перехода в растения.

Так, при внесении Zn в почвы доля подвижных форм элемента возросла в среднем в 5 (дерново-подзолистая почва), в 11 (чернозем) и в 4 раза (торфяная), (табл. 2). При этом доля доступных растениям форм Zn от общего количества элемента в почвах с ростом концентрации последнего изменяется по логарифмическому закону и приближается к постоянной величине (0.44) для дерново-подзолистой почвы, (0.31) – для чернозема слабовыщелоченного, (0.16) – для торфяной почвы. Доля кислоторастворимых форм Zn от общего количества элемента в почвах не зависит от концентрации последнего и равна: (0.65) для дерново-подзолистой почвы, (0.69) – для чернозема слабовыщелоченного, (0.67) – для торфяной низинной почвы.

Таблица 2. Концентрация Zn в сухой биомассе кормовых бобов и семенах в зависимости от содержания подвижных форм и общего количества металла в почве (среднее  $\pm$  ошибка среднего)

Внесено Zn, мг/кг	Массовая концентрация форм нахождения Zn в почве (мг/кг)*, извлекаемых:			Массовая концентрация Zn в пересчете на сухое вещество, мг/кг**			
	7 М HNO <sub>3</sub>	1 М HCl	AcNH <sub>4</sub> , рН 4,8	Биомасса	КН***	Семена	КН
Дерново-подзолистая супесчаная							
0	30.7 $\pm$ 2.7	7.26 $\pm$ 0.20	1.43 $\pm$ 0.48	48.6 $\pm$ 1.7	1.58 $\pm$ 0.15	60.4 $\pm$ 5.0	1.97 $\pm$ 0.24
25	56.1 $\pm$ 2.4	22.1 $\pm$ 0.2	13.0 $\pm$ 6.3	136 $\pm$ 6	2.42 $\pm$ 0.15	68.9 $\pm$ 3.0	1.23 $\pm$ 0.07
50	65.4 $\pm$ 6.5	38.8 $\pm$ 0.1	19.0 $\pm$ 1.1	242 $\pm$ 18	3.71 $\pm$ 0.46	84.0 $\pm$ 4.3	1.29 $\pm$ 0.14
100	109.7 $\pm$ 0.4	75.5 $\pm$ 3.0	43.0 $\pm$ 1.1	457 $\pm$ 43	4.16 $\pm$ 0.39	86.7 $\pm$ 8.9	0.79 $\pm$ 0.08
175	179 $\pm$ 2	135 $\pm$ 4	80.6 $\pm$ 2.4	579 $\pm$ 83	3.23 $\pm$ 0.46	101.4	0.57
250	261 $\pm$ 5	185 $\pm$ 3	104 $\pm$ 3	664 $\pm$ 9	2.54 $\pm$ 0.06	-	-
500	482 $\pm$ 52	374 $\pm$ 58	232 $\pm$ 47	1838 $\pm$ 98	3.81 $\pm$ 0.46	-	-
Чернозем слабовыщелоченный тяжелосуглинистый							
0	55.7 $\pm$ 2.2	15.1 $\pm$ 2.0	0.86 $\pm$ 0.05	26.0 $\pm$ 1.5	0.47 $\pm$ 0.03	32.7 $\pm$ 2.9	0.59 $\pm$ 0.06
50	95.1 $\pm$ 3.6	53.2 $\pm$ 0.1	7.56 $\pm$ 0.55	65.2 $\pm$ 3.6	0.69 $\pm$ 0.05	56.8 $\pm$ 6.5	0.60 $\pm$ 0.07
100	148.8 $\pm$ 0.7	88.0 $\pm$ 2.5	16.6 $\pm$ 0.1	97.1 $\pm$ 3.6	0.65 $\pm$ 0.02	52.3 $\pm$ 9.9	0.35 $\pm$ 0.07
250	294 $\pm$ 3	196 $\pm$ 2	53.1 $\pm$ 4.7	207 $\pm$ 10	0.70 $\pm$ 0.04	79.7 $\pm$ 5.2	0.27 $\pm$ 0.02
500	500 $\pm$ 2	376 $\pm$ 4	134.2 $\pm$ 0.1	309 $\pm$ 9	0.62 $\pm$ 0.02	82.8 $\pm$ 8.2	0.17 $\pm$ 0.02
750	739 $\pm$ 6	560 $\pm$ 5	222 $\pm$ 9	503 $\pm$ 46	0.68 $\pm$ 0.06	88.8 $\pm$ 20.7	0.12 $\pm$ 0.03
1000	1088 $\pm$ 31	859 $\pm$ 22	395 $\pm$ 7	694 $\pm$ 57	0.64 $\pm$ 0.06	80.0	0.07
Торфяная болотная низинная							
0	34.3 $\pm$ 4.5	18.3 $\pm$ 1.2	1.37 $\pm$ 0.23	37.4 $\pm$ 18.9	0.54 $\pm$ 0.09	29.3 $\pm$ 7.9	0.85 $\pm$ 0.26
250	248 $\pm$ 14	167 $\pm$ 1	30.5 $\pm$ 1.0	120 $\pm$ 3	0.48 $\pm$ 0.03	74.2 $\pm$ 2.1	0.30 $\pm$ 0.02
500	455 $\pm$ 8	302 $\pm$ 6	64.8 $\pm$ 8.7	155 $\pm$ 9	0.34 $\pm$ 0.02	84.6 $\pm$ 2.8	0.19 $\pm$ 0.01
1000	845 $\pm$ 12	539 $\pm$ 18	116 $\pm$ 1	273 $\pm$ 14	0.32 $\pm$ 0.02	96.9 $\pm$ 6.3	0.11 $\pm$ 0.01
1500	1250 $\pm$ 22	841 $\pm$ 2	191 $\pm$ 2	382 $\pm$ 24	0.31 $\pm$ 0.02	122.4 $\pm$ 4.5	0.10 $\pm$ 0.01
2000	1671 $\pm$ 45	1129 $\pm$ 33	263 $\pm$ 5	450 $\pm$ 26	0.27 $\pm$ 0.02	102 $\pm$ 18	0.06 $\pm$ 0.01
2500	2003 $\pm$ 7	1347 $\pm$ 31	333 $\pm$ 8	438 $\pm$ 19	0.22 $\pm$ 0.01	104 $\pm$ 24	0.05 $\pm$ 0.01

\*n = 3;

\*\*n = 6

\*\*\*КН – коэффициент накопления элементов в растениях



В контрольных (нативных) почвах доля подвижного (доступного) Zn, извлекаемого ААБ (рН 4.8) от общего количества элемента оказалась незначительной и уменьшалась в ряду: чернозем слабовыщелоченный (0.02) < торфяная (0.04) < дерново-подзолистая (0.05). Доля кислоторастворимого Zn от общего количества металла в контрольных вариантах была значительно выше, чем доступного: 0.24 (дерново-подзолистая почва)  $\approx$  0.27 (чернозем) < 0.53 (торфяная).

Чем больше водорастворимых, способных к обмену, легкорастворимых (непрочносвязанных) соединений Zn в почве – тем выше его подвижность и биологическая доступность.

Миграционная способность Zn в системе почва – растение определяется как факторами биологической природы, связанными с физиологическими особенностями растений, так и эдафическими факторами (кислотностью почвы, содержанием органических веществ, определенных групп неорганических соединений, механическим составом и проч.). Иными словами, миграционная способность элемента в почве зависит от ее буферной способности.

При низких концентрациях металла в почве концентрация его в растении может быть рассчитана по формуле  $[Me]_{\text{раст.}} = KН \times [Me]_{\text{почв.}}$ , где КН, являясь постоянной величиной, представляет собой коэффициент пропорциональности между содержанием ТМ в почве и в растении. Однако в реальных условиях постоянство КН не всегда соблюдается. Причиной этого является ответная реакция растений на превышение барьерной концентрации ТМ в питающем растворе, которая служит своеобразным триггером защитных реакций организма, направленных на воспрепятствование поступления избыточного количества токсичных элементов. Не менее важным фактором, снижающим фитотоксичность ТМ является эдафический, обусловленный буферностью почв, оказывающей сильное влияние на подвижность ТМ в системе почва – растение. Для почв с высокой буферной способностью, например, для черноземов даже при очень высоких концентрациях ТМ в почве, фитотоксичность ТМ будет проявляться слабо или отсутствовать. В этом случае значения КН, как можно ожидать, будут постоянными (или лишь незначительно уменьшаться) в широком диапазоне концентраций ТМ в почве.

В результате анализа дозовых зависимостей между количеством внесенного в дерново-подзолистую почву металла и накоплением Zn в биомассе кормовых бобов (табл. 2) выделены 3 диапазона содержания Zn в почве: нетоксичных концентраций (содержание Zn в почве 30-180 мг/кг, что соответствует его содержанию в растениях 50÷580 мг/кг сухой массы); избыточных концентраций (в почве содержится Zn 180 – 260 мг/кг, в растениях - 580 - 660 мг/кг); токсичных концентраций (содержание элемента в почве 260–480 мг/кг, в растениях - от 660 (критическая концентрация) до 1850 мг /кг). Тип поведения растений при этом изменяется, соответственно, с индикативного через барьерный ограничительный до барьерного гипераккумулятивного [7, 8]. Тем самым подтверждается вывод о том, что растения одного вида могут вести себя как аккумуляторы, индикаторы или биобарьеры (“excluders”) по отношению к ионам ТМ в зависимости от концентрации последних в субстрате.

Совершенно другие выводы следуют из анализа данных по накоплению Zn в вегетативной массе кормовых бобов, выращенных на черноземе слабовыщелоченном и торфяной низинной почве. Весь диапазон содержания цинка в почве на черноземе (55–1090 мг/кг) укладывается в интервал, который, исходя из формы кривых накопления ТМ, можно считать согласно [9], интервалом нетоксичных концентраций. Тип поведения растений – индикативный. Аналогично, для торфяной низинной почвы интервал нетоксичных концентраций Zn растянулся до 1670 мг/кг. Лишь при очень высоком содержании Zn в почве (1670-2000 мг/кг) проявились особенности поглощения элемента растениями, характерные для избыточных концентраций (тип поведения – барьерный ограничительный).

Установлены пороговые фитотоксичные концентрации Zn по показателю «средняя сухая биомасса 1 растения», которые составляют: для дерново-подзолистой почвы 260 мг/кг; чернозема слабовыщелоченного – 740 мг/кг; торфяной низинной почвы – 1670 мг/кг. Пороговые фитотоксические концентрации по показателю масса семян с

1 растения составляют: дерново-подзолистая почва – 180 мг/кг; чернозем – 250 мг/кг; торфяная низинная почва – 1670 мг/кг.

На основании данных по содержанию цинка в семенах кормовых бобов (табл. 2, рис. 1А), выращенных на почвах разного генезиса, можно сделать вывод о том, что максимальная концентрация элемента в семенах не превышает 130 мг/кг. Если тип поведения растений меняется с индикативного на барьерный ограничительный, семена не формируются. Этакритическая концентрация Zn находится в пределах 600–700 мг/кг сухой биомассы.

Величина КН Zn в семенах кормовых бобов, выращенных на разных почвах, уменьшается обратно пропорционально концентрации металла в почве (рис. 2Б). Тип поведения растений при этом меняется с «аккумулятивного» (транслокационное соотношение  $[Zn]_{\text{семена}}/[Zn]_{\text{сухая биомасса}} > 1$ ) [7] через «индикативный» ( $[Zn]_{\text{семена}}/[Zn]_{\text{сухая биомасса}} \approx 1$ ) на «барьерный» ( $[Zn]_{\text{семена}}/[Zn]_{\text{сухая биомасса}} < 1$ ), (рис. 2В). Особый интерес представляет тот факт, что значение  $[Zn]_{\text{семена}}/[Zn]_{\text{сухая биомасса}} > 1$  наблюдалось лишь при фоновых концентрациях Zn в почве, при которых содержание его в сухой надземной биомассе кормовых бобов, выращенных на разных почвах, не превышало 50 мг/кг. При превышении этого критического значения (фактически, уже в варианте внесения минимальных количеств Zn в почву в соответствии со схемой эксперимента)  $[Zn]_{\text{семена}}/[Zn]_{\text{сухая биомасса}}$  быстро снижались и становились  $< 1$ , указывая тем самым на проявление растениями барьерных функций, направленных на защиту генеративных органов и семян.

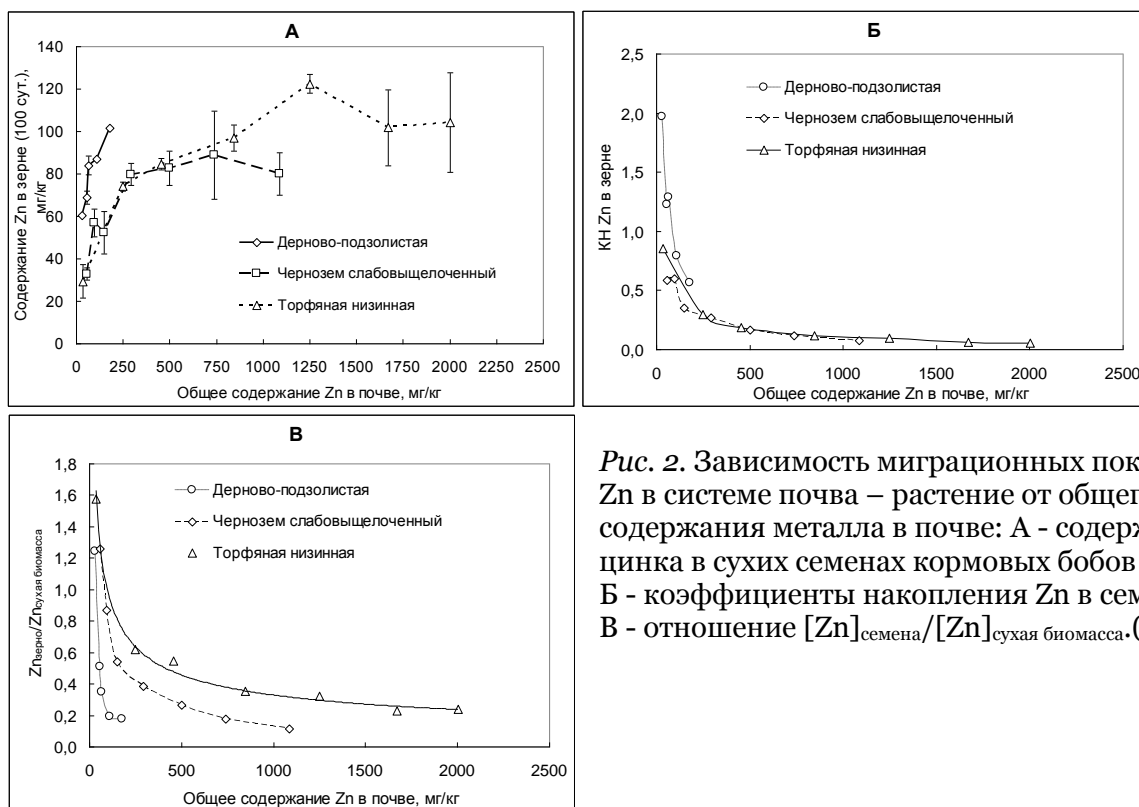


Рис. 2. Зависимость миграционных показателей Zn в системе почва – растение от общего содержания металла в почве: А - содержание цинка в сухих семенах кормовых бобов (100 сут.), Б - коэффициенты накопления Zn в семенах, В - отношение  $[Zn]_{\text{семена}}/[Zn]_{\text{сухая биомасса}}$ . (В)

Согласно действовавшим до 2001 г. санитарным правилам и нормам СанПиН 2.3.2.560-96 "Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов" допустимый уровень (ДУ) Zn в семенах зернобобовых составлял 50 мг/кг [10].

С помощью линейной аппроксимации экспериментальных данных были рассчитаны критические концентрации Zn в исследованных почвах (табл. 3), начиная с которых выращенная сельскохозяйственная продукция (семена кормовых бобов) будет содержать количества металла, превышающие значение ДУ установленное [9] и максимально-допустимый уровень (МДУ), [11] – 50 мг/кг. Линейная аппроксимация проводилась только в

диапазоне относительно низких исследованных концентраций Zn в почвах (где соблюдается линейная зависимость:  $[Zn]_{\text{раст}} = a \times [Zn]_{\text{почва}}$ ).

Как видно из табл. 3, наименьшее содержание Zn, при котором наблюдалось превышение допустимого уровня содержания металла (50 мг/кг) в семенах кормовых бобов [10, 11] отмечено для дерново-подзолистой супесчаной почвы – всего 38 мг/кг. Аналогично были установлены критические концентрации Zn в исследованных почвах, при которых выращенная сельскохозяйственная продукция (грубые и сочные корма естественной влажности) будет содержать количества металла, превышающие значение установленные МДУ [11] – 50 мг/кг (табл. 3). Учитывая, что содержание сухого вещества в сырой вегетативной массе кормовых бобов составляет 18.3 % [12], массовая доля Zn в сухой биомассе должна быть предварительно пересчитана на сырую биомассу с соответствующим поправочным коэффициентом. Полученные результаты также приведены в табл. 3.

Таблица 3. Значения критических концентраций Zn в разных почвах при выращивании кормовых бобов

Общее содержание Zn в почве (мг/кг), при которой наблюдается: превышение ДУ [10] и МДУ [11] Zn в семенах		
Дерново-подзолистая супесчаная	Чернозем выщелоченный	Болотная торфяная низинная
38	115	233
Общее содержание Zn в почве (мг/кг), при которой наблюдается: превышение и МДУ Zn в кормах естественной влажности		
75	347	596

Наименьшее содержание Zn, при котором наблюдалось превышение допустимого уровня содержания металла (50 мг/кг) в сырой биомассе кормовых бобов также было отмечено для дерново-подзолистой супесчаной почвы – 75 мг/кг. На основании полученных данных, можно констатировать, что для кормовых бобов действующие нормативы ОДК Zn в почвах [13] завышены по транслокационному показателю почва – зерно, и занижены – по транслокационному показателю почва – сырая биомасса растений. Т.е, ОДК Zn в почвах нуждаются в уточнении.

К сожалению, в действующем СанПиН 2.3.2.1078-01 [14] допустимые уровни содержания цинка в пищевых продуктах (в том числе – в семенах зернобобовых) были не уточнены, а просто исключены из перечня контролируемых показателей (по-видимому, актуализированы в соответствии с международными и европейскими нормативными документами [15, 16], в которых упоминаются только следующие токсичные элементы: As, Cd, Hg, Pb, Sn).

В странах Западной Европы, широко распространены голландские стандарты – контрольные уровни концентраций загрязняющих веществ в почвах (Dutch list) [17], которые накладывают ограничения на использование загрязненных земель и обуславливают необходимость применения восстановительных мер. Согласно голландскому списку допустимая концентрация (target value) Zn в стандартной почве (усредненной по характеристикам почвы Нидерландов) равна 140 мг/кг. При этом содержании металла экологические, агрономические и социальные функции не нарушаются. Стандартной считается почва с содержанием органического вещества 10% и минеральных илестых частиц 25%. Для оценки допустимых концентраций ТМ (включая Zn) в других (нестандартных) почвах используется следующее уравнение:

$$(SW, IW)_b = (SW, IW)_{sb} \times \{A + (B \times \% \text{ clay (grain size} < 2 \mu\text{m)}) + (C \times \% \text{ organic matter})\} / \{(A + (B \times 25) + (C \times 10))\}, \quad (1)$$

где:  $(SW, IW)_b$  - значение контрольного уровня (target value) или уровня вмешательства (intervention value) содержания Zn в оцениваемой почве/грунте,  $(SW, IW)_{sb}$  - значение

контрольного уровня или уровня вмешательства содержания Zn для стандартной почвы/грунта, % *clay* - процентное содержание в оцениваемой почве илистых частиц (эффективный диаметр <2 мкм), % *organic matter* - процентное содержание в оцениваемой почве органического вещества (гумуса), A, B, C – константы, характерные для каждого тяжелого металла. Для Zn: A = 50, B = 3, C = 1.5.

Для дерново-подзолистой супесчаной почвы, к примеру, решение уравнения (1) с соответствующими параметрами позволяет получить значения массовых долей Zn в почвах (мг/кг), соответствующие контрольному уровню и уровню вмешательства:

$$(SW)_b = 140 \times \{[50 + (3 \times 8.75)] + (1.5 \times 1.67)\} / \{(50 + (3 \times 25)) + (1.5 \times 10)\} = 79 \text{ mg/kg}, \quad (2)$$

$$(IW)_b = 720 \times \{[50 + (3 \times 8.75)] + (1.5 \times 1.67)\} / \{(50 + (3 \times 25)) + (1.5 \times 10)\} = 405 \text{ mg/kg}, \quad (3)$$

Полученные значения  $(SW)_b$  (табл. 4) в 1.5 раза превышает значение ОДК Zn для супесчаных почв и в 2 раза – для нейтральных суглинистых почв, принятые в России. А если говорить об оцененных уровнях вмешательства  $(IW)_b$  для исследованных почв (превышают ОДК более чем в 3 раза), то они в соответствии с [18] характеризуют экологическое состояние почв как «экологическое бедствие».

Таблица. 4. Контрольные уровни и уровни вмешательства содержания Zn для исследованных почв, мг/кг

Тип почвы	Дерново-подзолистая супесчаная	Чернозем слабовыщелоченный	Торфяная болотная низинная
Гумус, %	1.67±0.03	5.13±0.19	21.3±0.9*
Массовая доля фракции (<2μм), %	8.75	33.4	0
Контрольный уровень	79	158	168
Уровень вмешательства	405	813	864

\* - зольность торфа, %

### Заключение

Показано, что эдафические факторы, определяющие буферную способность почв, в регулировании подвижности Zn в системе почва – растение имеют не менее важное значение, чем биологический фактор (физиологические особенности растений): несмотря на 2-4-х кратное превышение концентрации цинка в черноземе слабо выщелоченном и торфяной низинной почве по сравнению с дерново-подзолистой, концентрация металла (и, соответственно, значения КН) в сухой вегетативной массе кормовых бобов, выращенных на дерново-подзолистой почве в 5 и более раз превышают эти показатели для растений, выращенных на черноземе и торфяной почве.

Существующие гигиенические нормативы уровней содержания ТМ в почвах [13] позволяют «...дифференцированно подходить к оценке эколого-гигиенического состояния почв, расположенных в различных регионах России». Однако, установленные в этих документах значения ОДК (ПДК) ТМ часто (точнее сказать, как правило) не соответствуют реалиям, наблюдающимся в практике земледелия. Так, из перечня объектов нормирования почему-то выпали органогенные почвы (торфяные), являющиеся важной частью сельскохозяйственных угодий (пастбища). Кроме того, поскольку ОДК ТМ в почвах устанавливаются расчетным путем на основании всего лишь одного лимитирующего показателя – перехода (транслокации) ТМ в хозяйственно-ценную часть урожая, то возможны серьезные искажения реальной картины опасности загрязнения сельскохозяйственных угодий ТМ. В целом же, полученные результаты позволяют уточнить особенности транслокации Zn в хозяйственно-ценные части кормовых бобов для разных почв и могут быть полезными при последующем пересмотре нормативов содержания Zn в почвах (не только в зависимости от величины рН и гранулометрического состава, но и, например, в зависимости от типа почвы).

В большинстве стран ЕС принято оценивать степень загрязнения почв с помощью комплексного эколого-токсикологического подхода, базирующегося на концепциях «максимально-допустимого риска» (MRP) и недопустимого негативного эффекта на биоту. Применение вышеуказанного подхода к нормированию содержания загрязняющих веществ в почвах позволило голландским ученым предложить нормативы содержания последних в различных почвах и грунтовых водах (Dutch List), которые к настоящему моменту являются наиболее проработанными и часто используемыми в европейских странах.

В настоящей работе рассчитанные на основании экспериментальных данных значения контрольных уровней (target values,  $SW_b$ ) и уровней вмешательства (intervention levels,  $IW_b$ ) содержания Zn в исследуемых почвах, в 1.5 раза превышает значение ОДК Zn для супесчаных почв и в 2 раза - для нейтральных суглинистых почв, принятые в России. А если говорить об оцененных уровнях вмешательства ( $IW$ )<sub>b</sub> для исследованных почв (превышают ОДК более чем в 3 раза), то они в соответствии с [18] вообще характеризуют экологическое состояние почв как «экологическое бедствие». Подобные различия позволяют утверждать о недостаточной проработанности как отечественного, так и европейского подхода к нормированию содержания тяжелых металлов в почвах.

#### Примечания:

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
2. Агротехнические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
3. Аринушкина Е.В. Химический анализ почв и грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1970. 480 с.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (изд. 2-е, перераб. и дополненное). М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
5. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, ЛО, 1987. 142 с.
6. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. / Под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. М.: Изд-во МГУ, 1985. 208 с.
7. Baker A.J.M. Accumulators and excluders – Strategies in the response of plants to heavy metals // Journal of Plant Nutrition. 1981. Vol. 3. P. 643-654.
8. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений и поиски рудных месторождений: автореф. дисс. д-ра геолого-минералогических наук. М., 1983. 49 с.
9. Первунина Р.И., Зырин Н.Г. Миграция соединений кадмия в модельном агробиоценозе // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: тр. II Всесоюзного совещания, Обнинск, ноябрь 1978 / Под ред. Бобовниковой Ц.И., Малахова С.Г. ИЭМ. Л.: Гидрометеиздат, 1980. С. 182–191.
10. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов». М., 1996
11. Временный максимально-допустимый уровень (ВМДУ) химических элементов в кормах сельскохозяйственных животных, № 123-41281-87 от 15.07.87 г
12. Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments // IAEA-TECDOC-1616. IAEA. Vienna. 2009. 615 p.
13. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10с.
14. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01». М.: ФГУП «Интер СЭН», 2002. 168 с.
15. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (Amended 2013) Codex Stan 193-1995
16. Commission Regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union. 2006. L. 364/5-364/24
17. Dutch Target and Intervention Values, 2000 (the New Dutch List). Version, februari 4<sup>th</sup>. URL: [http://www.esdat.net/Environmental\\_Standards.aspx](http://www.esdat.net/Environmental_Standards.aspx)

18. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: МООСипР РФ, 1992. 55с.

### References:

1. Kabata-Pendias A (2011) Trace elements in soils and plants. 4-th edition. CRC Press, London. 505 p. (in Russian)
2. Methods for agrochemical soil survey (1975) М.: Nauka, Moscow. 656 p. (in Russian)
3. Arinushkina EV (1970) Chemical analysis of soils and sediments. MSU Publ., Moscow. 480 p. (in Russian)
4. Methodological guides for HM determination in farm soils and plant products (edition 2 revised and enlarged) (1992) М.: CINAО 61 p. (in Russian)
5. Alekseev Y.V. (1987) Heavy metals in soils and plants L.: Agropromizdat 142 p. (in Russian)
6. Chemistry of heavy metals, arsenic and molybdenum in soils (1985) / Eds. Zyrin N.G. and Sadovnikova L.K. М.: Izd-vo MGU 208 p. (in Russian)
7. Baker A.J.M. Accumulators and excluders – Strategies in the response of plants to heavy metals // Journal of Plant Nutrition. 1981. Vol. 3. P. 643-654.
8. Kovalevsky AL (1983) Biogeochemistry of plants and search for ore deposits. Abstract of a thesis of doctor of geological-mineralogical sciences. Moscow. 49 p. (in Russian)
9. Pervunina RI and Zyrin NG (1980) The migration of cadmium compounds in the model agrobiocenosis. Proceedings of II All-Union Conference "Migration of contaminants in soils and adjacent environments". Obninsk, November 1978 /Ed. by Bobovnikova TS.I., Malakhov SG. (Institute of Experimental Meteorology). Gidrometeoizdat. Leningrad. P. 182-191. (in Russian)
10. Sanitary rules and regulations SanPiN 2.3.2.560-96 "Hygienic requirements for quality and safety of food raw materials and food products" (1996) Moscow. (in Russian)
11. Provisional maximum permissible level (MPL) of chemical elements in fodders of farm animals (1987) № 123-41281-87 of 15.07.87. (in Russian)
12. Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments //IAEA-TECDOC-1616. IAEA. Vienna. 2009. 615 p.
13. Estimated allowable concentration (EAC) of chemical substances in the soil: Hygienic standards (2009) Federal Center of Hygiene and Epidemiology, Moscow. 10 p.
14. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products. Sanitary and Epidemiological Norms and Regulations SanPin 2.3.2.1078-01 (2002) Moscow: FGUP Inter SEN 168 p. (in Russian)
15. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (Amended 2013) Codex Stan 193-1995
16. Commission Regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union. 2006. L. 364/5-364/24
17. Dutch Target and Intervention Values, 2000 (the New Dutch List). Version, februari 4<sup>th</sup>. URL: [http://www.esdat.net/Environmental\\_Standards.aspx](http://www.esdat.net/Environmental_Standards.aspx)
18. Criteria for assessing the ecological environment areas to identify areas of ecological emergency and zones of ecological disaster (1992) Moscow: MOOSiPR RF. 55 p. (in Russian)

УДК 631.453 633.31/37 581.5

### Оценка миграционной способности Zn в системе почва-растение

- <sup>1</sup> Вячеслав Сергеевич Анисимов
- <sup>2</sup> Лидия Николаевна Анисимова
- <sup>3</sup> Людмила Митрофановна Фригидова
- <sup>4</sup> Дмитрий Владимирович Дикарев
- <sup>5</sup> Руслан Алексеевич Фригидов
- <sup>6</sup> Илья Владимирович Кочетков
- <sup>7</sup> Наталья Ивановна Санжарова

<sup>1-7</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,  
Российская Федерация  
249032 Обнинск, Калужская обл., Киевское шоссе

<sup>1</sup> Кандидат биологических наук, заведующий лабораторией  
E-mail: vsanisimov@list.ru

<sup>2</sup> Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
E-mail: lanisimovan@list.ru

<sup>3</sup> Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
E-mail: rus3386@gmail.com

<sup>4</sup> Младший научный сотрудник

<sup>5</sup> Младший научный сотрудник  
E-mail: rus3386@gmail.com

<sup>6</sup> PhD (Biology), senior researcher  
E-mail: ikochetkoff@gmail.com

<sup>7</sup> Доктор биологических наук профессор, член-корреспондент Российской академии наук,  
заместитель директора института  
E-mail: natsan2004@mail.ru

**Аннотация.** В вегетационном опыте изучены закономерности миграции Zn в системе почва – растение в зависимости от типа почвы и концентрации металла. Определены показатели миграции Zn с использованием в качестве тест-культуры кормовых бобов (*Vicia faba* L.). Рассчитаны пороговые концентрации Zn в дерново-подзолистой супесчаной, торфяной болотной низинной почвах и черноземе слабовыщелоченном тяжелосуглинистом. Установлено, что эдафические факторы играют не менее важную роль в регулировании подвижности Zn в системе почва – растение, чем физиологические особенности растений. Представлены различные подходы к нормированию содержания Zn в почвах

**Ключевые слова:** цинк, кормовые бобы, подвижность, биологическая доступность, коэффициент накопления, фитотоксичность, нормирование

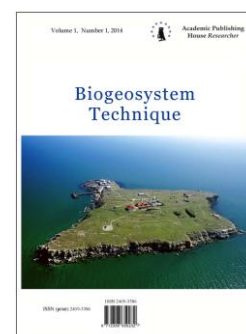
Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 3, Is. 1, pp. 164-171, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.164

[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



UDC 504.064

### **Capitalization of the Natural Rent in the Transport and Logistic Complex of the South Russia**

Tatiana Yu. Anopchenko

Southern Federal University, Russian Federation  
Dr. (Economy), Professor  
E-mail: [tuanopchenko@sfedu.ru](mailto:tuanopchenko@sfedu.ru)

#### **Abstract**

The role is discussed of rent income regulation, combined with the institutional development of the economy in terms of tourism organization and logistics activities. Taking into account the capitalization of the natural rent in recreation and tourism, transport and logistics complex of South Russia the possibility are discussed of overcoming the economic problems on the basis of new areas of economic development in the biosphere. It is shown that the re-engineering and the biogeosystem technique allow increasing the role of rent as a source of funding the strategic priorities of national development.

**Keywords:** state regulation of investment incomes, rent, crisis, taxation, capitalization of a natural rent.

#### **Введение**

Проблемы изъятия и распределения природной ренты в последние годы широко обсуждаются в научных и политических кругах России. Основной причиной популярности темы является резкая дифференциация уровня жизни населения. Желание политиков чаще всего связано со стремлением сделать экономику России более конкурентоспособной и эффективной, с привлечением и созданием новых инструментов, позволяющих использовать природную ренту для повышения социально-экономического развития региона. Сегодня регионы недополучают значительные средства от использования своего природно-ресурсного потенциала, хотя структура доходов от аренды ресурсов должна обеспечивать полное покрытие затрат, компенсацию истощения ресурсов и справедливые выплаты гражданам страны из различных источников финансирования гражданского общества.

#### **Методы**

Расчет природной ренты выполнен с учетом остаточного дохода от использования ограниченных природных ресурсов, который рассчитывается как разница между стоимостью произведенной продукции и общими затратами на ее производство, включая амортизацию основных фондов (возмещение капитала) и отдачу на капитал.



Доход местного бюджета рассчитан в виде фиксированного платежа, подлежащего обязательной выплате Концеденту в случае получения Концессионером сверхприбыли от платной эксплуатации объекта:

$$P_{i, \text{макс.}} = \frac{\frac{ИК}{СВК} + БУОР_i + \frac{ИК}{СВК} * НДК}{ИНТ_i} + НДС \quad (1)$$

где  $P_{i, \text{макс.}}$  – максимальный средневзвешенный размер платы за проезд транспортного средства по автомобильным дорогам общего пользования федерального значения в  $i$ -м плановом периоде, руб;  $ИК$  – инвестиции в основной капитал до начала периода эксплуатации, руб;  $СВК$  – срок возврата инвестированного капитала, лет;  $БУОР_i$  – базовый уровень операционных расходов на эксплуатацию объекта, руб;  $НДК$  – норма доходности инвестированного капитала, %;  $ИНТ_i$  – прогнозная величина интенсивности движения по платной автомобильной дороге в  $i$ -м плановом периоде, число транспортных средств.

### Обсуждение

В глобальном сопоставлении юг России не располагает существенным природно-ресурсный потенциалом, но в то же время территория южно-российского макрорегиона уникальна по многообразию экосистем и выделяется контрастностью рельефа и состава почв, умеренно-континентальным и частично субтропическим климатом, наличием трех омывающих территорию теплых морей, разнообразием природных ресурсов.

Среди важнейших экологических проблем региона следует отметить систематический рост объемов твердых и жидких бытовых и промышленных отходов. На сегодняшний день во многих субъектах юга России отсутствует инфраструктура, позволяющая эффективно перерабатывать и уничтожать отходы жизнедеятельности человека, агропромышленного комплекса и медицинских учреждений. В результате, бытовые отходы размещаются на стихийных свалках, представляющих реальную угрозу для санитарно-эпидемиологической безопасности населения. Особенно остра проблема утилизации бытового мусора в сельской местности. Развитие технологической базы утилизации отходов и использования её продуктов или полупродуктов с высокой добавленной стоимостью создаст возможность формирования этой специфической отрасли на основе технологий биogeосистемотехники. Развитие отрасли позволило бы не только улучшить экологическую ситуацию путем надлежащей утилизации отходов производственной деятельности, но и создать новые рабочие места и увеличить налоговые доходы бюджетов всех уровней, повысить инвестиционную привлекательность региона [1].

Антропогенное воздействие приводит к значительному загрязнению воздушного бассейна. В отличие от других регионов страны, экологическое состояние атмосферы на юге России является более благоприятным, но наибольший вклад в ухудшение качества воздуха (3/4 от общего количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу) вносит работа транспорта. В связи с этим ответственность за состояние атмосферного воздуха ложится на значительную часть населения, а также индивидуальных предпринимателей, занимающихся частными перевозками. Одним из способов снижения остроты данной проблемы может являться строительство объездных магистралей вдали от крупных городов, использование очищенного топлива и альтернативных видов транспорта.

Кроме того, для юга России характерна ярко выраженная диспропорция между природно-ресурсными предпосылками развития сферы отдыха и санаторно-курортного лечения и концентрацией предприятий размещения и инфраструктуры в ограниченном числе традиционно притягательных для рекреантов местах территории. В регионе насчитывается 1260 гостиниц и аналогичных неспециализированных мест размещения, а также 1250 специализированных объектов для размещения туристов. Однако свыше половины из этих объектов сосредоточено в Краснодарском крае, который поэтому привлекает подавляющую часть рекреантов – ежегодно юг России посещают 10–12 млн. организованных туристов, большая часть которых приходится на Краснодарский край

(80%). Ставропольский край принимает 6% туристов, Ростовская область – 5%. Курорты Краснодарского края имеют наиболее устойчивое позиционирование на рынке (несомненно, благодаря наследию советского времени) и это положение сегодня еще больше усилилось, благодаря успешному проведению Зимних Олимпийских игр в Сочи в 2014 г., В перспективе Сочи сохранит притягательность для и инвесторов и рекреантов.

Обзор сложившейся в настоящее время на юге России природно-хозяйственной практики позволяет констатировать тот факт, что взаимодействие хозяйствующих субъектов-природопользователей с экосистемами приводит к необратимой деградации ресурсного потенциала природной среды. В этой связи представляется уместной реализация комплекса институциональных мероприятий, ориентированных на капитализацию природной ренты и повышение эффективности предварительной оценки экологических рисков инвестиционных проектов, а также повсеместное внедрение в хозяйственную практику процедур экологического аудита.

В современной экономике природная рента подразделяется на лесную, горную, земельную, водную.

Для всех них характерен расчет, учитывающий остаточный доход от использования ограниченных природных ресурсов, который рассчитывается как разница между стоимостью произведенной продукции и общими затратами на ее производство, включая амортизацию основных фондов (возмещение капитала) и отдачу на капитал. Во всем этом часто не учитывается прибыль предпринимателя, которая рассчитывается как остаточный доход или определяется из условий рынка. Иногда эту величину учитывают в виде оплаты труда менеджеров. Далее величина ренты капитализируется по приемлемой ставке процента и получается капитальная оценка природного ресурса. Данный расчет является классическим и применяется в настоящее время повсеместно [2].

Рассмотрим это на примере строительства тоннеля, который позволит создать альтернативную транспортную магистраль в направлении «Юг-Север», связывающей центральную часть города Ростова-на-Дону с северной и северо-восточной частью города, и осуществить развитие основного транспортного каркаса (магистральной сети) города, увеличить пропускную способность транспортной связи «Юг-Север».

Строительство платного автомобильного тоннеля предусматривает:

- ✓ создание альтернативной автомобильной магистрали;
- ✓ значительное увеличение плотности и пропускной способности улично-дорожной сети в центральной части;
- ✓ повышение пропускной способности и безопасности международного транспортного коридора «Юг-Север»;
- ✓ перенос транзитного движения, проходящего по уличной сети центрального делового района за его пределы;
- ✓ повышение транспортной доступности Северного жилого массива;
- ✓ сокращение времени поездки в 6 раз по направлению Центр – Северный жилой массив по сравнению с использованием существующих альтернативных автомобильных магистралей
- ✓ снижение себестоимости перевозок и уровня транспортных издержек для грузоотправителей;
- ✓ оптимизация бюджетных расходов на этапе строительства объекта за счет привлечения внебюджетных источников финансирования;
- ✓ оптимизация бюджетных расходов на этапе эксплуатации объекта за счет переложения на концессионера всех расходов по содержанию и эксплуатации автомобильного тоннеля;
- ✓ увеличение доходов бюджетов всех уровней за счет формирования дополнительных налоговых поступлений на этапах строительства и эксплуатации объекта;
- ✓ снижение уровня негативного воздействия (вредные выбросы, шум) на окружающую среду за счет разгрузки уличной сети наиболее загруженных транспортных магистралей города, а также переноса части автомобильного транспорта под землю.
- ✓ возможность увеличения доходов местного бюджета путем получения прибыли в виде фиксированного процента платежей, подлежащих обязательной выплате Концеденту, в случае получения Концессионером сверхприбыли от платной эксплуатации тоннеля.

Пример расчета выполнен согласно (1):

В случае принятия в качестве нормы доходности инвестированного капитала ставки рефинансирования 2,3% максимальный размер платы за проезд составит:

$$P_i = (8\,250\,000\,000/24) + 41\,000\,000 + ((8\,250\,000\,000/24 * 0,023)) \cdot 1,18 / 30\,000\,000 = 42 \text{ руб./транспортное средство.}$$

Если в качестве нормы доходности инвестированного капитала принять ставку рефинансирования 7,7%, максимальный размер платы за проезд составит:

$$P_i = (8\,250\,000\,000/24) + 41\,000\,000 + ((8\,250\,000\,000/24 * 0,077)) \cdot 1,18 / 30\,000\,000 = 44 \text{ руб./транспортное средство.}$$

Несмотря на кажущуюся простоту применяемых при определении ренты расчетов, возникает довольно много проблем. Основные проблемы заключаются в определении:

- 1) приемлемой отдачи на капитал или нормы прибыли;
- 2) коэффициента капитализации;
- 3) прибыли предпринимателя и распределении рентных доходов между собственником природного ресурса и пользователем.

Эти проблемы являются ключевыми при оценке практически всех природных ресурсов. Но, помимо них, возникает и множество других вопросов, от правильного ответа на которые зависит величина определяемой ренты. Например, какие цены использовать, как определять издержки, включать или не включать в них затраты на воспроизводство ресурса и др.

Такая неопределенность в выборе показателей при проведении расчетов на микроуровне, то есть при оценке конкретных объектов, вызывает большую критику противников ренты, так как ставит под сомнение полученные результаты. Решение перечисленных проблем во многом зависит от назначения получаемых стоимостных оценок и механизма формирования рынка прав пользования природными ресурсами. Приведем основные условия получения объективных значений ренты.

Первым условием получения объективного значения ренты является создание рынка прав пользования природными ресурсами. Оценка ренты неотделима от механизма получения рыночных цен. Измерить или оценить ее можно только в условиях рыночного оборота и свободной конкуренции за право доступа к природным ресурсам, а вернее, к доходам, которые возникают при их эксплуатации. То есть, данное право должно продаваться на торгах. Тогда рента будет рыночной ценой за получение прав на доход от использования природных ресурсов, остающейся после возмещения всех затрат, а не назначенной кем-то произвольно величиной, которую только называют словом «рента», но экономического содержания ренты эта величина не имеет. Такой доход будет включать не только норму прибыли, но и предпринимательскую прибыль, отвечающую интересам пользователя или инвестора. И тогда это будет справедливо [3].

Вторым условием для качественного измерения ренты является создание институционального механизма слежения за рыночными ценами на природные ресурсы и доступа к этой информации всех заинтересованных лиц, в том числе, независимых оценщиков. Без такого слежения любые работы, связанные с оценкой природных ресурсов, включая кадастровые оценки, бессмысленны [4].

Третьим условием является создание правовых рамок по использованию природных ресурсов, установленных в интересах общества. Чтобы знать рыночную цену земли, нужен ее рынок. Но что такое рынок земли? Это не просто свободный оборот товара, а оборот, который ограничен строжайшими рамками. Нигде в мире земля не продается на условиях ее свободного ни от кого не зависящего использования. Продается ограниченный набор прав, разрешающих делать строго определенные вещи. Так происходит во всем мире. Установленные ограничения имеют, прежде всего, социальный, нравственный, этический характер. Не менее значима и перспектива, поскольку снижение качества земельных ресурсов в процессе их безответственного использования, особенно на базе несовершенного, а то и в корне ошибочного законодательства – прямой путь к утрате важнейшего атрибута

государственности. При этом пострадает, а то и получит необратимые изъяны ведущий атрибут государственности – народ.

Единственная цель, которую в мире преследуют ограничения на использование природных ресурсов – это защита системы ценностей, являющихся наиболее важными в глазах того сообщества, где эта земля продается. Например таких, как сохранение плодородной земли, красивого ландшафта, исторического объекта и т.д. По сути, государство, устанавливая эти ограничения и диктуя жесткие условия землепользования, по образному выражению академика Д.С. Львова, выступает в роли верховного (титульного) собственника, наделяя определенными правами всех остальных членов своего общества исходя из приоритета общественных интересов, а не интересов отдельных лиц. Собственники земли владеют, пользуются и распоряжаются ей, но на строго определенных условиях. Эти правовые условия (или объем правомочий), в свою очередь, определяют рыночную стоимость земли. Это – всеобщий принцип, и в экономически развитых странах он широко применяется (США, Англия, Германия). Там не стесняются говорить о планировании использования земли. В России данный принцип пока применяется довольно ограниченно, хотя правовые предпосылки для его реализации имеются. Реализовать этот принцип в полном объеме можно через институт государственно-частного партнерства, через заключение соглашений между государством и теми лицами, которые осуществляют пользование землей и другими природными ресурсами. Необходимо определить объем прав и меру ответственности за нарушение установленных ограничений или, наоборот, размер поощрений за выполнение чего-то, необходимого обществу.

Однако это – частные меры.

Исчерпание ресурсов Земли на текущий момент составляет 60% [5]. Этот мировой процесс – следствие индустриальной технологической платформы, в рамках которой имеет место постепенный уход экономики из естественнонаучной области человеческого хозяйства в целом, очерченной еще Ксенофонтом [6], в сферу хрематистики. Вместо корректного управления хозяйством на основе долгосрочных ориентиров имеет место увлечение денежными потоками, особенно управлением ими. Неверное понимание экономики, особенно теми, кто принимает решения о развитии страны, во многом и ведет к тому, что важные сферы человеческой деятельности объявляют неэффективными, целые регионы РФ оказываются периферийными [7], депрессивными и бесперспективными, уничтожают земельные ресурсы, в частности, делают невозможным получение ренты, извлечение прибыли, осуществление обществом позитивной деятельности.

Уже 25 лет как в мире все шире распространяется реинжиниринг [8]. Основной посыл реинжиниринга – не модернизируйте, не автоматизируйте безнадежно отставшие формы деятельности, исключите их, направьте общественный интерес в такой бизнес, который даст новый общественно значимый экономический результат. Этими рекомендациями надо пользоваться, чтобы преодолеть текущий конфликт биосферы и технологии [9] реализовать принципиально новые возможности природопользования, открывающиеся в научно-производственном направлении биогеосистемотехники [10-15], трансцендентальные методы которой позволяют развивать экологически ориентированную технику и технологию с учетом важнейшего положения о безальтернативности биосферы [16], возобновлять и сохранять ресурсы, получать высокие экономические результаты. В области охраны окружающей среды это позволит создать современную инфраструктуру переработки отходов промышленности, жизнедеятельности человека, агропромышленного комплекса и медицинских учреждений, исключить свалки и медико-ветеринарную санитарно-эпидемиологическую угрозу.

### **Заключение**

Реинжиниринг и биогеосистемотехника как современные детерминанты развития природно-хозяйственных систем [17], определяющие основы эколого-экономического подхода к экономической ценности окружающей среды [18], позволят развивать природно-ресурсные предпосылки в сфере отдыха, туризма и санаторно-курортного лечения. Тогда в экономике РФ будут созданы условия для реализации масштабных инфраструктурных проектов, повышения нормы доходности инвестированного капитала, будет выполнено принципиальное условие капитализации природных ресурсов, которым является

разработка содержательных с точки зрения сохранения и воспроизводства биосферы правил рыночного оборота и ограничений, обусловленных тем, что природные ресурсы являются общественным достоянием. В таком случае управление народным хозяйством страны будет отвечать представлениям о стратегическом планировании [19, 20], будет учитывать перспективные для страны и мира новые принципы природопользования, обеспечит высокую прибыльность экономической деятельности, справедливое изъятие и распределение природной ренты.

**Примечания:**

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 г. Минприроды РФ, 2010, с. 7. [www.mnr.gov.ru](http://www.mnr.gov.ru)
2. Темирканова А.В., Чернышев М.А. Концептуальные основы современной экологоориентированной модели Юга России // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2012. № 10. С. 5-18.
3. Ревунов Р.В., Сухинин С.А. Юг России в контексте глобальных социальных и эколого-экономических проблем // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2012. № 2. С. 219-227.
4. Циплакова Е.М. Оценка земли и природная рента // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2011. № 21 (238). С. 19-22.
5. Walter V. Reid and et al. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis. 2005. 155 p. ISBN: 1-59726-040-1
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/экономика>
7. Дружинин А.Г. Полизависимость в центрo-периферийной стратификации территориальной организации общества: основы концепции // Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2014. № 3. С. 29-40.
8. Hammer, Michael Martin & Hershman, Lisa (2010). Faster, Cheaper, Better. Crown Books., [https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_process\\_reengineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_reengineering)
9. Glazko V.I., Glazko T.T. Conflicts of Biosphere and Agroecosystems // International Journal of Environment Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 4-16..
10. Калиниченко В.П. Биogeосистемотехника: Гносеологические основы управления экосистемами // Почвоведение и агрохимия. 2012. № 4. С. 72-76.
11. Kalinichenko VP, Starcev VF. Recycling of poultry litter by method of Biogeosystem technique // International Journal of Environment Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 17-48.
12. Valery Kalinitchenko, Abdulmalik Batukaev, Vladimir Zinchenko, Ali Zarmaev, Ali Magomadov, Vladimir Chernenko, Viktor Startsev, Serojdin Bakoev, and Zaurbek Dikaev. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-17015, 2014. EGU General Assembly 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015, Vienna, 2014.
13. Kalinitchenko V.P., A.A. Batukaev, A.A. Zarmaev, T.M. Minkina, V.F. Starcev, Z.S. Dikaev, A.S. Magomadov, V.U. Jusupov. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.
14. Москаленко А.П., Калиниченко В.П., Овчинников В.Н., Москаленко С.А., Губачев В.А. Биogeосистемотехника – основа практики экологической политики и экологической экономики // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12-3 (41-3). С. 160-165.
15. 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.
16. Глазко В.И. Экология и экономика: неестественное - неразумно // Вестник РАЕН. 2014. № 1. С. 152-153.

17. Анопченко Т.Ю., Медяник Н.В. Современные детерминанты развития природно-хозяйственных систем // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2014. № 4 (30). С. 60-65.
18. Анопченко Т.Ю., Кармазин С.А. Концепция эколого-экономического подхода к экономической ценности окружающей среды // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2014. № 9 (52). С. 25-27.
19. Смирнова О.О. Государственное стратегическое планирование = (доклад лауреата международной премии им. Н.Д.Кондратьева). М.: Альманах «Кондратьевские волны: Палитра взглядов». 2013. 224 с. С. 192–199.
20. Указ Президента Российской Федерации — России от 12 мая 2009 года № 536 «Об основах стратегического планирования в Российской Федерации» [http://economy.gov.ru/mines/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224\\_5](http://economy.gov.ru/mines/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224_5)

### References:

1. State report on the condition and protection of environment of the Russian Federation in 2009. The Ministry of Natural Resources, 2010. p. 7. [www.mnr.gov.ru](http://www.mnr.gov.ru) (in russian)
2. Temirkanov AV Chernyshev MA. Conceptual foundations of modern environment-oriented model of the South Russia // Science and Education: Agriculture and economics; entrepreneurship; law and governance. 2012. № 10. pp. 5-18. (in russian)
3. Revunov RV Sukhinin SA. South of Russia in the context of global social and environmental and economic problems // Bulletin of the South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute). Series: Socio-economic sciences. 2012. № 2. pp. 219-227. (in russian)
4. Tsyplakov EM. Valuation of land and natural resource rent // Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 2011. № 21 (238). pp. 19-22. (in russian)
5. Walter V. Reid and et al. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis. 2005. 155 p. ISBN: 1-59726-040-1
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/экономика>
7. Druzhinin AG. Poly-dependence of the center-periphery stratification of society territorial organization: the foundations of the concept // Social and economic geography. Bulletin of the Association of Russian geographers, social scientists. 2014. № 3. pp. 29-40. (in russian)
8. Hammer, Michael Martin & Hershman, Lisa (2010). Faster, Cheaper, Better. Crown Books., [https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_process\\_reengineering](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_reengineering)
9. Glazko V.I., Glazko T.T. Conflicts of Biosphere and Agroecosystems // International Journal of Environment Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 4-16. (in russian)
10. Kalinichenko VP Biogeosystem technique: epistemological foundations of ecosystem management // Soil Science and Agrochemistry. 2012. №4. P. 72-76. (in russian)
11. Kalinichenko VP, Starcev VF. Recycling of poultry litter by method of Biogeosystem technique // International Journal of Environment Problems. 2015. Vol. (1). Is. 1. pp. 17-48.
12. Valery Kalinichenko, Abdulmalik Batukaev, Vladimir Zinchenko, Ali Zarmaev, Ali Magomadov, Vladimir Chernenko, Viktor Startsev, Serojdin Bakoev, and Zaurbek Dikaev. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU2014-17015, 2014. EGU General Assembly 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015, Vienna, 2014.
13. Kalinichenko V.P., A.A. Batukaev, A.A. Zarmaev, T.M. Minkina, V.F. Starcev, Z.S. Dikaev, A.S. Magomadov, V.U. Jusupov. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.
14. Moskalenko AP Kalinichenko VP Ovchinnikov V. Moskalenko SA, VA Gubachev Biogeosystem technique – the practice framework for environmental policy and environmental economics // Economy and Entrepreneurship. 2013. № 12-3 (41-3). Pp. 160-165. (in russian)

15. Kalinichenko VP Biogeosystem technique as the basis of ecological audit and environment protection // Science and education: household and the economy; entrepreneurship; law and management. 2014. № 2 (45). Pp. 28-36. (in russian)
16. Glazko VI. Ecology and economy: unnatural is unwise // Bulletin of Natural Sciences. 2014. № 1. pp. 152-153. (in russian)
17. Anopchenko TYu, Medyanik NV. Modern determinants of development of natural and economic systems // Vector of Science of Togliatti State University. 2014. № 4 (30). pp. 60-65. (in russian)
18. Anopchenko TYu, Karmazin SA. The concept of ecological-economic approach to the economic value of the environment // Science and Education: Agriculture and economics; entrepreneurship; law and governance. 2014. №9 (52). pp. 25-27. (in russian)
19. Smirnova Olga. State strategic planning = (report of Laureate of International Prize named by N.D. Kondratieva). М : Almanac "Kondratieff wave: Palette views". 2013. 224 pp. Pp 192-199. (in russian)
20. Decree of the President of the Russian Federation on May 12, 2009 № 536 "On the basis of strategic planning in the Russian Federation" [http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224\\_5](http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/foreigneconomicactivity/doc20131224_5) (in russian)

УДК 504.064

### **Капитализация природной ренты в транспортно-логистическом комплексе юга России**

Татьяна Юрьевна Анопченко

Южный федеральный университет, Российская Федерация  
344006, Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105  
Доктор экономических наук, профессор  
E-mail: [tuanopchenko@sfedu.ru](mailto:tuanopchenko@sfedu.ru)

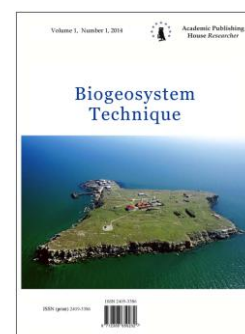
**Аннотация.** Рассмотрена роль регулирования рентных доходов в сочетании с институциональным развитием экономики в условиях организации туристической и логистической деятельности. На примере учета капитализации природной ренты в рекреационно-туристическом и транспортно-логистическом комплексе юга России рассмотрена возможность преодоления экономических проблем на основе новых направлений развития хозяйства в биосфере. Показано, что реинжиниринг и биогеосистемотехника позволяют повысить роль ренты как источника финансирования приоритетных стратегических направлений государственного развития.

**Ключевые слова:** государственное регулирование рентных доходов, рента, кризис, налогообложение, капитализация природной ренты.

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 4, Is. 2, pp. 172-184, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.172

[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)

UDC 631.41: 528.94: 51-71

### Basin Approach to Spatial-Temporal Modeling and Neuroprediction of Potassium Content in Dry Steppe Soils

Vitaly I. Pichura

Kherson State Agricultural University, Ukraine  
73006, Kherson, Rosa Luxemburg, 23  
PhD (Agricultural), Associate Professor  
E-mail: pichura@yandex.ru

#### Abstract

The study presents the results of systemic application of a basin approach, geoinformation and neurotechnologies for spatial inhomogeneity modeling and prediction of changes in the content of potassium in the steppe and dry steppe zones (the Kherson region of Ukraine as an example). It shows that among the three types of basins coastal and river basins have the least homogeneous structure of soil and granulometric composition. The modeling has determined a general regularity in changes in potassium content in the 0 ... 40 cm deep layer over the past 42 years and shown a continuous process of gradual depletion of potassium in arable soils. Lack of regular and uniform chemical fertilization in required amounts, water erosion, including irrigation-caused erosion, and soil deflation, as well as continual irrigation resulted in potassium content reduction by an average of 18 % (from 442.8 mg/kg to 363.8 mg/kg) in 1970-2012. For 4450 points of observation, spatial and graphical analysis revealed a decrease in variability and a rising quadratic dependence of higher content of potassium in the direction from west to east, and its lower content from south to north. Autocorrelation analysis determined the minimum and maximum radii of typicality of potassium formation: 2.5 ( $r = 0.413$ ) and 12.5 km ( $r = 0.170$ ), respectively. This indicates a significant spatial heterogeneity of potassium distribution both within the boundaries of individual basins and within the contours of various soil types. Using the tools of multivariate statistics the study pioneered in obtaining spatial functions of potassium distribution and availability in the soils of the main basins of the Kherson region (with a correlation of 0.46 and 0.96, respectively). For the first time for the steppe and dry steppe zone, the study, based on geostatistical methods and regression analysis, approximated a linear dependence ( $r = 0.83$ ) of exchangeable potassium and content of physical clay fraction (particles  $<0.01$  mm) in soil texture. As a result of neurotechnological modeling, there was created a three-layer artificial neural network for spatial-temporal modeling of potassium content in the soils. The approximation reliability of the neuromodel is 85–94%. The study predicts an irreversible process of soil potassium depletion on rainfed lands by 1.9 mg/year, and on irrigated lands by 3.1 mg/year by 2025 if the current agricultural practices continue. The research results determine territorial priorities of regional policy allowing the use of differential effectiveness of soil conservation practices in farming systems.

**Keywords:** soil fertility, potassium content, modeling, prediction, multivariate statistics, GIS technology, neurotechnology.



## Введение

В агрохимическом состоянии пахотных почв, объективно и регулярно оцениваемом в результате мониторинга питательных элементов, во многом находят отражение влияния культуры земледелия и агроклиматических условий на состояние и изменения почвенного плодородия. Анализ изменения агрохимических параметров в пространстве и во времени можно рассматривать как ключевую процедуру определения эффективности систем земледелия, особенно в почвозащитном аспекте, и основу для программирования урожая сельскохозяйственных культур [1]. Запасы питательных веществ и их доступность растениям, а также запасы продуктивной влаги находятся в тесной зависимости от природно-климатических условий агроландшафтов (особенностей рельефа, почвообразующих пород, климата, гидрогеологических условий и т.п.) и применяемой системы земледелия, что в итоге определяет величину и качество урожая сельскохозяйственных культур [2–6]. Агрохимические показатели имеют высокую пространственную неоднородность распределения даже в пределах одних почвенных разностей, что является следствием как природных особенностей, так и достигнутого уровня культуры земледелия [7].

Агрохимические вопросы и различные подходы к эффективному ведению эколого-агромелиоративного мониторинга, принципам и особенностям бонитировки, качественной оценки богарных и орошаемых земель, их рационального использования представлены в научных трудах Н.Ф. Тюменцева, С.Н. Тайчинова, В.В. Медведева, С.А. Балюка, В.О. Ушкаренко, С.Ю. Бульгина, М.И. Ромащенко, Ф.Н. Лисецкого, Р.А. Акбирова, Б.М.Н. Гончикова, Ц.Ц. Цыбикдоржиева, В. Caguan, А.М. Mouazen, Т. Talsma, В.Е. Butler, J. Popp, L.E. Jackson, H.A. Torbert, J. Letey и др. ученых [2-23].

## Материалы, объекты и методы исследований

*Объект исследования* – агроландшафты степной и сухостепной зон. *Предмет исследований* – пространственно-временные изменения содержания обменного калия в почвах различных типов бассейнов Херсонской области.

Исследование пространственной неоднородности распределения доступных форм калия и динамики его изменения в почвах Херсонской области проведено для периода продолжительностью 42 года. Моделирование проводили, используя в качестве информационной основы результаты девяти пятилетних туров обследования: со II (1970–1974 гг.) по X тур (2008–2012 гг.). Для оценки содержания обменного калия в пахотных почвах использованы данные по 296 стационарам X тура обследований Херсонского центра «Облгосплодородие». Прогнозирование изменения содержания калия на 2025 г. реализовано на основе данных наблюдений по 25 стационарам (1978–2014 гг.), которые расположены в пределах семи природно-сельскохозяйственных районов. Общее содержание обменного калия в почве было определено для слоя 0–40 см по методу Мачигина.

Бассейновое районирование территории Херсонской области реализовано на основе данных радарной съемки для построения цифровой модели рельефа (ЦМР). Методика автоматизированного бассейнового районирования представлена в работе [24, 25].

Кросс-корреляционные пространственные закономерности содержания калия и гранулометрической фракции физической глины (ФГ, %; <0,01 мм) в почве определены с использованием корреляционно-регрессионного анализа. Пространственная неоднородность формирования калия в пахотных почвах изучена с применением автокорреляционного анализа.

Для прогнозирования пространственно-временного состояния почв по содержанию обменного калия использован метод искусственных нейросетей на основе архитектуры многослойного перцептрона (MLP) [26, 27]. С помощью модуля Statistics Neural Networks (SNN) создана нейромодель архитектуры трехслойного перцептрона с двенадцатью нейронами в скрытом слое, метод обучения: обратное распределение (100 эпох) и связанных градиентов (616 эпох), матрица искусственной нейронной сети состоит из 1800 весовых коэффициентов.

Кросс-проверка прогнозных моделей проведена с использованием статистических критериев оценки достоверности: математическое ожидание ошибки, стандартное отклонение ошибки, математическое ожидание абсолютной ошибки (в натуральных

единицах и процентах – MAPE), значение корреляции [28]. Для объективной оценки ошибки результатов прогнозирования было выполнено разделение временных рядов на обучающие и тестовые (независимые) множества. Пространственное моделирование неоднородности распределения калия проводили с применением метода радиально-базисной функции рабочего модуля Geostatistical Analyst. Для обработки использован лицензированный программный продукт STATISTICA Advanced + QC for Windows v.10 Ru, STATISTICA Automated Neural Networks for Windows v.10 Ru и ArcGis 10.1.

### Результаты и обсуждения

Общая площадь Херсонской области составляет 2846,1 тыс. га, из них сельскохозяйственные земли – 1971,0 тыс. га, включая 1777,6 тыс. га пашни (90,2%). За последние 20 лет (1980–2013 гг.) наблюдалось устойчивое использование земель сельскохозяйственного назначения с небольшой тенденцией к увеличению площадей (на 0,3%). В области сосредоточено 20% орошаемых земель Украины, что составляет около 426,8 тыс. га, но фактически используется 285 тыс. га [29].

Бассейновая агроландшафтная пространственно-временная система – это иерархически упорядоченная система, сравнительно однородная по совокупности естественных и измененных человеком природных компонентов, связанная единством генезиса и историей природно-агрогенного развития и имеющая временную определенность в современных режимах гидролого-геохимического функционирования [30, 31]. В регионах с развитыми оросительными мелиорациями общность гидрофункционирования бассейнов обусловлена природно-антропогенными особенностями распределения тепла и влаги. Территория области находится в границах трех типов водосборных бассейнов: речные бассейны (РБ) – 1241,3 тыс. га (35,8%); бассейны замкнутого поверхностного стока (БЗПС) – 588,3 тыс. га (20,7%); прибрежный бассейн Черного и Азовского морей (ПБ) – 1016,5 тыс. га (35,6%).

Калий играет важную роль в жизнедеятельности сельскохозяйственных культур. Он опосредованно участвует в азотном обмене, влияет на накопление аминокислот и энергетические процессы, регулирует дыхание. Наличие различных форм калия в почвах связано с первичными и вторичными минералами, а также с особенностями их превращений. Почвенный покров Херсонской области характеризуется достаточно высокой вариабельностью (36,2%) содержанием обменного калия в пределах 40–700 мг/кг. Основными типами почв Херсонской области являются черноземы южные, которые занимают 43,7% от всей площади сельскохозяйственных земель и темно-каштановые почвы (30,7%). В пределах РБ доминируют черноземы обыкновенные и южные (67,7%), в ПБ – темно-каштановые и каштановые солонцеватые почвы (71%), в БЗПС около 80% занимают южные черноземы.

Валовое содержание калия в почвах зависит в основном от содержания фракции физической глины в гранулометрическом составе почвы [32, 33]. Нами впервые получена визуализация пространственного распределения сельскохозяйственных земель по содержанию физической глины (ФГ, %, частиц <0,01 мм) в разрезе основных бассейнов Херсонской области (табл. 1).

Основными почвами по гранулометрическому составу Херсонской области являются суглинок тяжелый, (36,0% от всей площади сельскохозяйственных земель), суглинок средний – 32,1% и суглинок легкий – 21,4%. В пределах РБ доминируют суглинок средний и легкий (67,9%), в ПБ – суглинок тяжелый и легкий (76,7%), в БЗПС около 91,4% занимают суглинки тяжелые и средние.

В результате хозяйственной деятельности содержание подвижных форм калия претерпевает изменения, что определяется интенсивностью и культурой земледелия в границах земельных участков (полей севооборотов) и землепользований.

Таблица 1. Распределение сельскохозяйственных земель по гранулометрической фракции физической глины (&lt; 0,01 мм) в пределах бассейнов Херсонской области

Название почвы по гранулометрическому составу	Содержание ФГ, %	Бассейны						Всего	
		речные		замкнутого поверхностного стока		прибрежный			
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
Песок связный	5-10	23,8	3,1	–	–	0,3	0,03	24,1	1,2
Супесь	10-20	119,0	15,6	–	–	41,8	5,6	160,8	8,2
Суглинок легкий	20-30	207,4	27,2	36,9	7,9	177,5	23,9	421,9	21,4
Суглинок средний	30-45	310,3	40,7	208,8	44,9	112,8	15,2	631,9	32,1
Суглинок тяжелый	45-60	100,7	13,2	216,2	46,5	392,8	52,8	709,7	36,0
Глина легкая	60-75	1,0	0,1	2,9	0,6	18,8	2,5	22,7	1,2
<b>Всего</b>		<b>762,3</b>	<b>100</b>	<b>464,8</b>	<b>100</b>	<b>743,9</b>	<b>100</b>	<b>1971,0</b>	<b>100</b>

По данным мониторинга за период 1970–2012 гг. на территории Херсонской области (рис. 1) закономерности изменения содержания обменного калия в почвах (слое 0...40 см) можно формализовано представить как отрицательное тренд-формирование:  $T = -36,87 \cdot \ln(t) + 437,75$ ;  $R^2 = 0,97$ . Содержание обменного калия по всем типам бассейнов уменьшилось в среднем на 18 % (с 442,4 мг/кг до 363,8 мг/кг). Различная степень снижения калия в почвах (от 0 до 50%) обусловлена отсутствием регулярного, равномерного и необходимого количества поступления минеральных удобрений, проявлением водной эрозии, включая ирригационную, и дефляции почв, а также результатом длительного орошения.

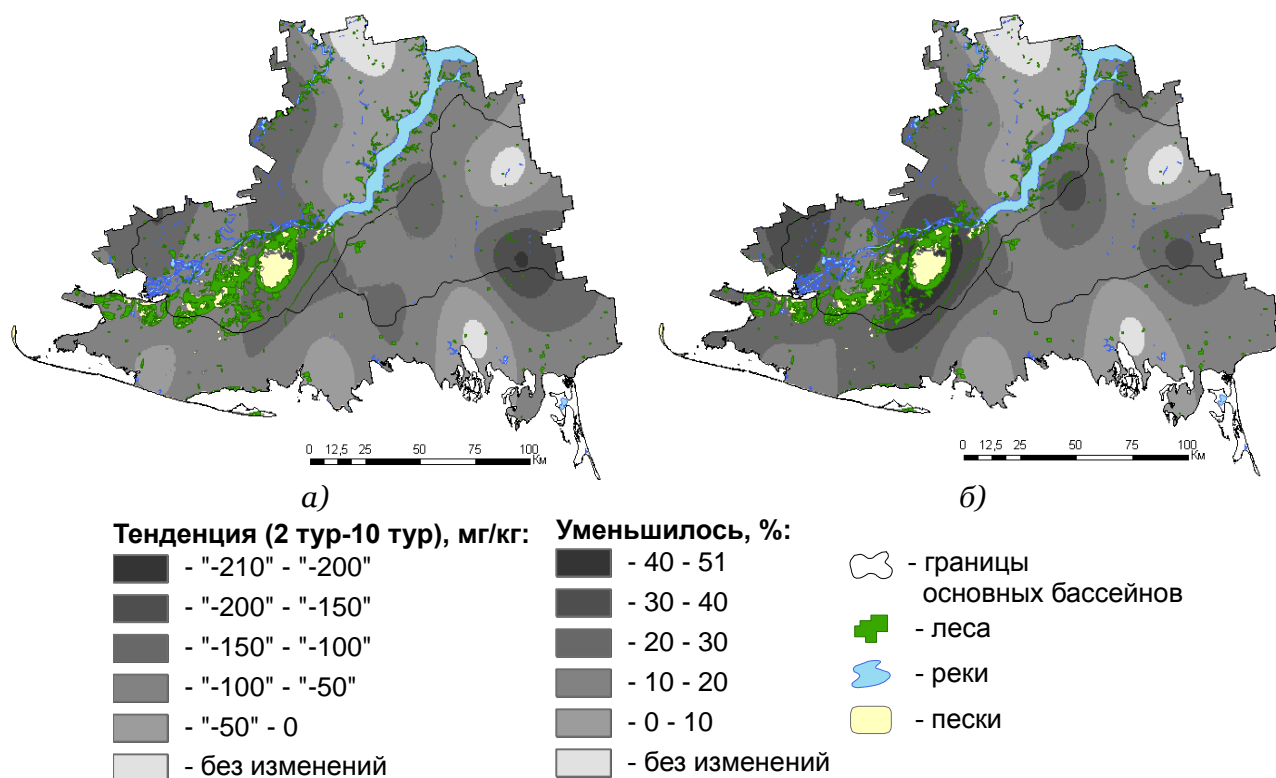


Рис. 1. Изменение содержания обменного калия в почвах и по бассейнам Херсонской области (1970-2012 гг.): а) пространственная тенденция, б) относительное уменьшение, %

Используя результаты по 296 стационарам мониторинговых исследований X-го тура и геостатистические методы, нами создана пространственная модель ( $R^2 = 0,96$ ) современного состояния распределения обменного калия в почвах по основным бассейнам Херсонской области (рис. 2).

Графические и статистические характеристики особенностей пространственной неоднородности распределения калия (рис. 3, 4) изучены, используя созданную нами пространственную растровую модель распределения калия, по результатам выборки данных в 4450 точках на территории области: речной бассейн – 1630 точек, прибрежный бассейн – 1600 точек, бассейн замкнутого поверхностного стока – 1220 точек. Это обеспечило значительное повышение качества интерпретации пространственно-графической информации и результатов моделирования.

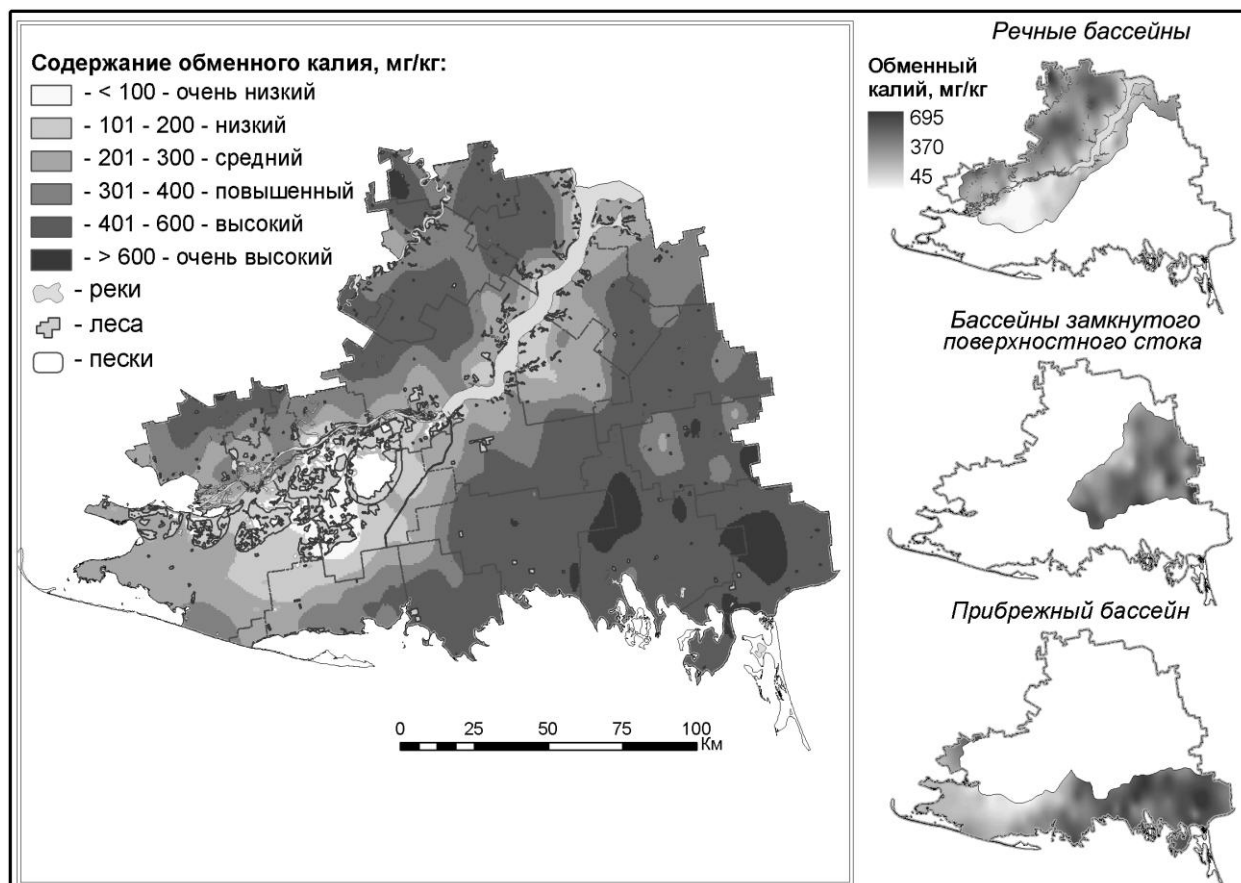
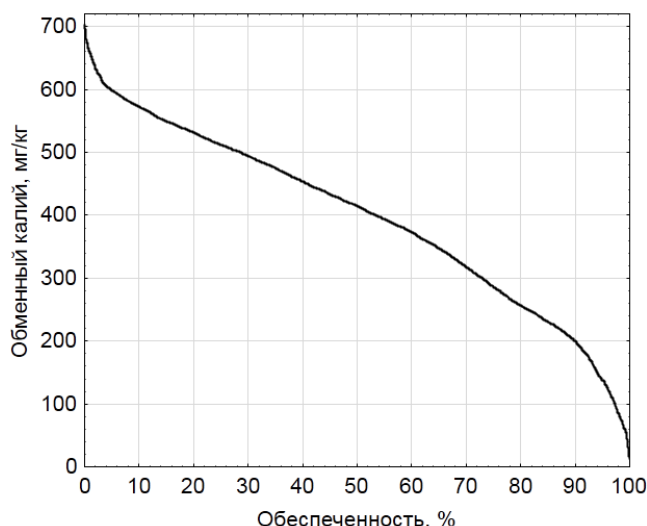


Рис. 2. Распределение содержания обменного калия в почвах и по бассейнам Херсонской области



$$f(h) = \begin{cases} \int_0^{30} -42,95 \cdot \ln(x) + 660,28 \\ \int_{30}^{100} -0,0504 \cdot x^2 + 1,0186 \cdot x + 495,29 \end{cases}$$

$$r = 0,98$$

Рис. 3. Кривая и функция обеспеченности почв Херсонской области обменным калием

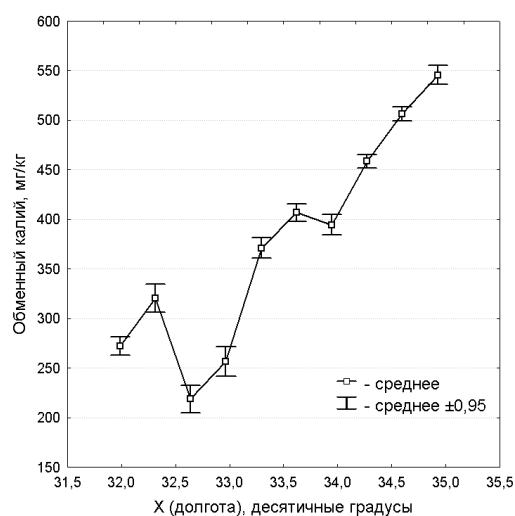
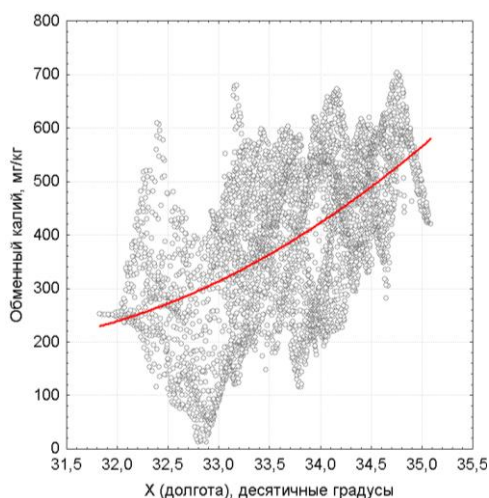
В результате автокорреляционных исследований пространственной типичности формирования обменного калия определены минимальный ( $r=0,413$ ) и максимальный ( $r=0,170$ ) радиус типичности формирования калия, который равен 2,5 км и 12,5 км. Это указывает на значительную пространственную вариабельность (неоднородность) распределения обменного калия, как в границах отдельных бассейнов, так и внутри контуров различных типов (подтипов) почв.

Пространственная функция распределения обменного калия по основным бассейнам Херсонской области имеет вид:

$$f(K_2O) = 9628,88 \cdot x - 3150,26 \cdot y + 11,05 \cdot x^2 - 220,27 \cdot x \cdot y + 112,49 \cdot y^2 - 88216,68 ; R = 0,46$$

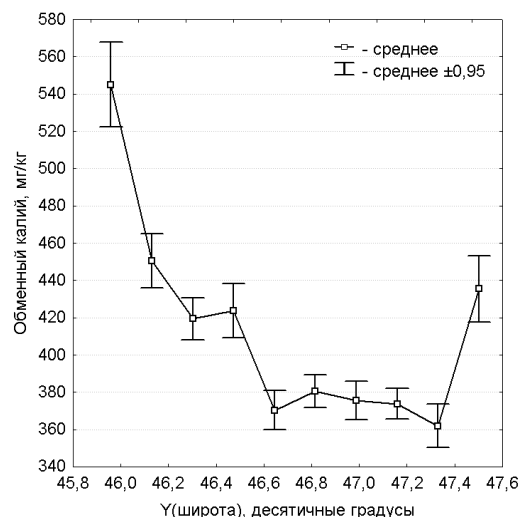
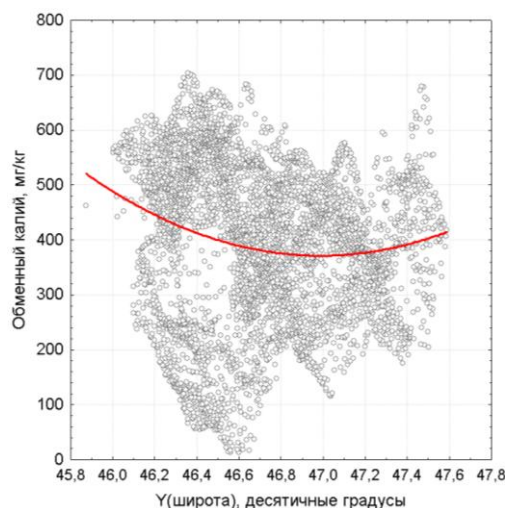
где,  $x$  – долгота, десятичные градусы,  $y$  – широта, десятичные градусы.

Содержание обменного калия в почвах (табл. 2), которое соответствует качественным градациям от среднего до очень высокого содержания ( $>200$  мг/кг), характеризует 85,8 % площади сельскохозяйственных земель. Наибольший удельный вес сельскохозяйственных земель со средним – очень высоким содержанием обменного калия отмечен в БЗПС – 91,5 % от площади бассейна, в пределах ПБ – 91,0 %, в РБ – 77,0 %.



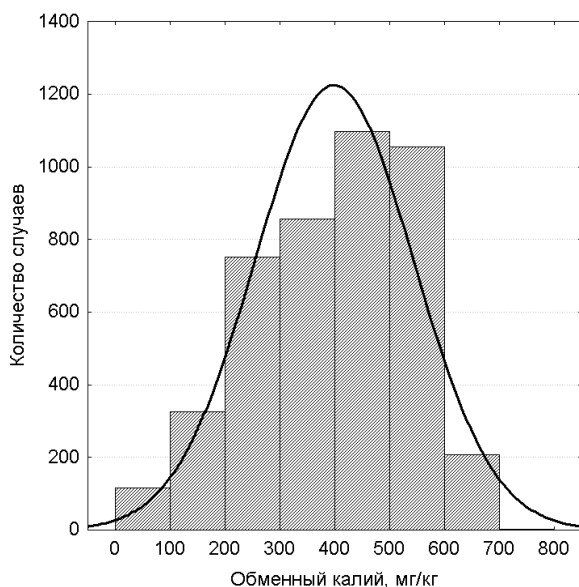
$$y = 17,079x^2 - 1035,5x + 15885; R = 0,56$$

a)



$$y = 120,09x^2 - 11285x + 265508; R = 0,18$$

б)



Общее число случаев	4450
Среднее значение	396,78
Доверительный интервал среднего	4,24
Медиана	414,94
Мода	–
Минимум	23
Максимум	703,18
Процентиль 10,0	199,63
Процентиль 90,0	572,48
Уровень вариации	36,23
Дисперсия	20669,97
Стандартное отклонение	143,77
Стандартная ошибка среднего	2,16
Асимметрия	-0,37
Экссесс	-0,64

в)

Рис. 4. Пространственная неоднородность распределения обменного калия в почвах Херсонской области: а) запад→восток; б) юг→север; в) статистические характеристики

Пространственное распределение обменного калия в почвах отдельных бассейнов характеризуется значительной вариабельностью. Условиями с максимальной однородностью формирования калия характеризуются почвы в пределах БЗПС: среднее – 435,9 мг/кг, уровень вариации – 21,6 %, значение стандартного отклонения и дисперсии составляет – 94,1 мг/кг и 8859,7 мг/кг соответственно. Экссесс характеризует выборку как плосковершинную (-0,32), с незначительными отклонениями (-0,27) в минимальных значениях, стандартная ошибка и доверительный интервал вероятностного изменения среднего составляет 2,7 и 5,3 соответственно, границы процентилей (10–90 %) равны 130,7–496,0 мг/кг.

Наиболее неоднородным по степени распределения калия является РБ, уровень вариации составляет – 42,5 %, среднее – 313 мг/кг, стандартное отклонение – 133,1 мг/кг, дисперсия – 17713,6 мг/кг, экссесс – -0,58, асимметрия – -0,03. Содержание обменного калия в почвах ПБ также имеет значительную вариабельность (32,4 %), гистограмма распределения имеет двухвершинный вид (1-я вершина в значениях – 200–250 мг/кг, 2-я вершина – 550–600 мг/кг), среднее значение – 452,2 мг/кг, стандартное отклонение – 146,4 мг/кг, дисперсия – 21440,9 мг/кг, экссесс – -0,57, значение асимметрии (-0,72)

указывает на сравнительно значительную неоднородность в минимальных значениях. Неоднородное распределение калия в почвах различных бассейнов в большей степени определено различиями в содержании фракции физической глины в гранулометрическом составе почвы, степенью антропогенной нагрузки и культурой землепользования.

Таблица 2. Распределение содержания обменного калия по почвам сельскохозяйственных земель и бассейнам Херсонской области

Содержание обменного калия, мг/кг		Основные бассейны						По области	
		Речной бассейн		Бассейн замкнутого поверхностного стока		Прибрежный бассейн			
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
очень низкий	< 100	68,6	9,0	0,5	0,1	1,5	0,2	70,6	3,6
низкий	101 – 200	106,7	14,0	39,0	8,4	65,5	8,8	211,2	10,7
средний	201 – 300	194,4	25,5	112,9	24,3	152,5	20,5	459,8	23,3
повышенный	301 – 400	187,5	24,6	304,0	65,4	81,1	10,9	572,6	29,1
высокий	401 – 600	201,2	26,4	7,4	1,6	387,6	52,1	596,3	30,3
очень высокий	> 600	3,8	0,5	0,9	0,2	55,8	7,5	60,5	3,1
<b>Всего</b>		<b>762,3</b>	<b>100,0</b>	<b>464,8</b>	<b>100,0</b>	<b>743,9</b>	<b>100,0</b>	<b>1971,0</b>	<b>100,0</b>

По результатам исследований А.А. Христенко [32] доказано, что величины содержания калия, получаемых по методу Масловой точно так же, как, собственно, и по другим «жестким» (щелочным и кислотным) методам, прямо зависят от содержания фракции физической глины в пределах 5-65% в гранулометрическом составе почвы и могут быть описаны уравнением:

$$y = 1,1 + 0,25 \cdot x; r = 0,87$$

где,  $y$  – содержание  $K_2O$  по Масловой, мг/100г;  $x$  – количество физической глины, %.

Академик В.В. Медведев [33] также доказал зависимость содержания доступных форм калия с содержанием тонкодисперсных элементов. Он утверждает, что наиболее эта связь описывается квадратичной моделью со средними параметрами надежности:

$$y = -0,7922 \cdot x^2 + 8,5609 \cdot x - 5,1891; r = 0,87$$

где,  $y$  – содержание  $K_2O$ , мг/100 г;  $x$  – количество физической глины, %.

В результате наших исследований была определена линейная зависимость содержания обменного калия и физической глины (5-70%) по 4450 случаям для почв степной и сухостепной зон и эта функция имеет вид:

$$y = 10,74 \cdot x - 30,96; r = 0,83$$

где,  $y$  – содержание  $K_2O$ , мг/кг по Мачигину;  $x$  – количество физической глины, %.

Достоверность нейропрогнозирования определяли на основе разделения временных рядов в соотношении 0,7 и 0,3 на два подмножества: обучающее (70% – 26 лет) и тестовое (30 % – 11 лет). Достоверность трехслойной нейромодели на тестовой выборке по стационарным исследованиям для прогноза содержания обменного калия составила – 85–

94 %, что отражает высокую достоверность результатов временной проекции на 11 лет (до 2025 г.).

### **Заключение**

Результаты нейропрогнозирования позволяют сделать вывод о том, что при использовании существующих агротехнологий практически для всей территории Херсонской области прогнозируется до 2025 г. процесс постепенного истощения почв калием: на богарных землях – на 1,9 мг/год, на орошаемых – на 3,1 мг/год. Наиболее значительное уменьшение калия следует ожидать в почвах западной и центральной части ПБ, южной части РБ, относительно стабильная ситуация прогнозируется в северной части РБ и БЗПС. Представленные подходы, методы и результаты пространственно-временного моделирования дают возможность комплексно подойти к вопросу детального изучения агрохимического состояния и эффективности использования сельскохозяйственных земель в различных типах бассейновой организации с целью дальнейших разработок и внедрения научно-обоснованных проектных решений повышения эффективности бассейнового природопользования в степной и сухостепной зонах.

Полученный результат определяет территориальные приоритеты региональной политики, позволяя применять дифференцированную эффективность почвозащитного блока систем земледелия, а разработанная методика обладает достаточной степенью универсальности для ее тиражирования в других регионах.

### **Примечания:**

1. Пичура В.И. Пространственно-временное прогнозирование изменений параметров агрохимических показателей мелиорируемых почв с использованием ГИС и нейротехнологий // *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2012. № 78. С. 87–95.

2. Дубовик Е.В. Содержание гумуса, азота и фосфора в агрегатах чернозема типичного в прецизионном земледелии // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 10. С. 14–16.

3. Тюменцев Н.Ф. Сущность бонитировки на генетико-производственной основе. Новосибирск, 1975. 140 с.

4. Медведев В.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины // *Медведев В.В., Плиско И.В. Харьков: Изд. «13 типография», 2006. 386 с.*

5. Пичура В.И., Ларченко О.В., Домарацкий Е.А., Бреус Д.С. Пространственная оценка пригодности сельскохозяйственных земель для выращивания и проектирования урожая зерновых культур с использованием ГИС-технологий // *Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки*. 2013. № 3. С. 357.

6. Булыгин С.Ю., Ачасов А.Б., Лисецкий Ф.Н. Использование интегрального анализа данных дистанционного зондирования и цифровых моделей рельефа при картографировании почвенного покрова черноземной зоны // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2012. Т. 21. № 21 (140). С. 143–153.

7. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 2. Результаты исследований // под редакцией В.В. Медведева. Харьков: КП «Городская типография». 2009. 260 с.

8. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи // *Медведев В.В. Харьков: ПФ «Антиква»*. 2002. 428 с.

9. Ефективне використання ґрунтів із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій // [С.А. Балюк, І.В. Пліско, С.Р.Трускавецький та ін.]; за наук. ред. С.А.Балюка. К.: Аграрна наука, 2011. 72 с.

10. Геоінформаційні системи для управління зрошуваними землями: навч. посіб. // [В.О. Ушкаренко, В.В. Морозов, В.В.Колесніков та ін.]-Херсон, Вид-во „ЛТ-Офіс”, 2010. 378 с.

11. Інформаційне забезпечення зрошуваного землеробства. Концепція, структура, методологія організації // [Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М.]; за ред. М.І. Ромащенко. К.: Аграрна наука, 2005. 196 с.



12. Лисецкий Ф.Н. Эталонные почвы в системе особо охраняемых природных территорий / Лисецкий Ф.Н., Замураева М.Е., Половинко В.В., Данильченко М.А. // Проблемы региональной экологии. 2009. № 1. С. 104-110.
13. Ушкаренко В. О. Резерви зрошуваного землеробства. (Серія IX «Економічний і соціальний розвиток села»; № 15). К.: т-во «Знання» УРСР, 1984. 48 с.
14. Тайчинов С.Н. Бонитировка почвы и качественная оценка земель. Ульяновск, 1997. 120 с.
15. Тюменцев Н.Ф. Сущность бонитировки на генетико-производственной основе. Новосибирск, 1975. 140 с.
16. Caguan B., Uehara G. Soil anisotropy and its relation to aggregate stability. Soil Science Soc. of Amer. Proc. 29. 2. 1965. P. 198-200.
17. Mouazen A.M., Malaki M.R., Merckx R., Baerdemaeker J.De., Ramon H. Primary results on on-line measurement of some selected soil properties using a VIS-NIS sensor. International Soil Tillage Research Organization 17 th Triennial Conference, Kiel, Germany. 2006. P. 839-844.
18. Talsma T. Measurement of soil anisotropies with piezometers // J. of Soil Science. 11. 1. 1960. P. 159-171.
19. Butler B.E. Assessing the soil factor in agricultural production // J. Aust. Inst. Agric. Sci. 30. 4. 1964. P. 232-240.
20. Popp J., Hoag D., Ascough J.I. Targeting soil conservation policies for sustainability: new empirical evidence. // J. Soil Water Conserv. 57. 2002. P. 66-74.
21. Jackson L.E., Santos-Martin F., Hollander A.D., Horwath W.R., Howitt R.E., Kramer J.B., O'Geen A.T., Orlove B.S., Six J.W., Sokolow S.K., Sumner D.A., Tomich T.P., Wheeler S.M. Potential for adaptation to climate change in an agricultural landscape in the central valley of California // California Climate Change Center. 2009. P. 165.
22. Torbert H.A., Kruege E., Kurtener D. Soil quality assessment using fuzzy modeling // Int. Agrophysics. 2008. 22. 365-370.
23. Letey J., Sojka R.E., Upchurch D.R, Cassel D.K, Olson K.R, Payne W.A., Petrie S.E., Price G.H., Reginato R.J., Scott R.D., Smethurst P.J., and Triplett G.B. Deficiencies in the soil quality concept and its application // J. Soil Water Conserv. 2003. 58. P. 180-187.
24. Нарожняя А.Г., Карпенская С.Ю. Использование геоинформационных технологий при типизации бассейновых структур // XXIV пленарное совещ. межвуз. научно-координ. совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 2009. С. 550-553.
25. Лисецкий Ф.Н., Панин А.Г. Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. №1. С. 48-51.
26. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс // Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2-е изд. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
27. Пичура В.И. Применение интеллектуальных искусственных нейронных сетей для прогнозирования химических показателей оросительной воды (на примере Ингулецкого магистрального канала) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2012. № 2. С. 17-28.
28. Лисецкий Ф.Н., Столба В.Ф., Пичура В.И. Периодичность климатических, гидрологических процессов и озерного осадконакопления на юге Восточно-Европейской равнины // Проблемы региональной экологии. 2013. № 4. С. 19-25.
29. Pichura V.I., Breus D.S. The Basin Approach in the Study of Spatial Distribution Anthropogenic Pressure With Irrigation Land Reclamation of the Dry Steppe Zone // Biogeosystem Technique. 2015. № 1 (3). С. 89-100.
30. Лисецкий Ф.Н., Павлюк Я.В., Кириленко Ж.А., Пичура В.И. Бассейновая организация природопользования для решения гидроэкологических проблем // Метеорология и гидрология. 2014. № 8. С. 66-76.
31. Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. Basin Organizations Of Nature Use, Belgorod Region // Biogeosystem Technique. 2014. № 2 (2). p. 163-173.
32. Христенюк А.А. Оценка химических методов определения содержания подвижного калия в почвах // Агротехніка і ґрунтознавство. Міжвідомчий наук. збірник. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2007. Вип. 67. С. 90-98.

33. Медведев В.В., Лактионова Т.Н. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Апостроф, 2011. 292 с.

### References:

1. Pichura V.I. Prostranstvenno-vremennoe prognozirovanie izmenenii parametrov agrokhimicheskikh pokazatelei melioriruemykh pochv s ispol'zovaniem GIS i neirotehnologii // *Agrokhimiya i gruntoznastvo*. 2012. № 78. S. 87–95.
2. Dubovik E.V. Soderzhanie gumusa, azota i fosfora v agregatakh chernozema tipichnogo v pretsizionnom zemledelii // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2013. № 10. S. 14–16.
3. Tyumentsev N.F. Sushchnost' bonitirovki na genetiko-proizvodstvennoi osnove. Novosibirsk, 1975. 140 s.
4. Medvedev V.V. Bonitirovka i kachestvennaya otsenka pakhotnykh zemel' Ukrainy // Medvedev V.V., Plisko I.V. Khar'kov: Izd. «13 tipografiya», 2006. 386 s.
5. Pichura V.I., Larchenko O.V., Domaratskii E.A., Breus D.S. Prostranstvennaya otsenka prigodnosti sel'skokhozyaistvennykh zemel' dlya vyrashchivaniya i proektirovaniya urozhaya zernovykh kul'tur s ispol'zovaniem GIS-tehnologii // *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki*. 2013. № 3. S. 357.
6. Bulygin S.Yu., Achasov A.B., Lisetskii F.N. Ispol'zovanie integral'nogo analiza dannykh distantsionnogo zondirovaniya i tsifrovyykh modelei rel'efa pri kartografirovanii pochvennogo pokrova chernozemnoi zony // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2012. T. 21. № 21 (140). S. 143–153.
7. Neodnorodnost' pochv i tochnoe zemledelie. Chast' 2. Rezul'taty issledovaniya // pod redaktsiei V.V. Medvedeva. Khar'kov: KP «Gorodskaya tipografiya». 2009. 260 s.
8. Medvedev V.V. Monitoring pochv Ukrainy. Kontseptsiya, predvaritel'nye rezul'taty, zadachi // Medvedev V.V. Khar'kov: PF «Antikva». 2002. 428 s.
9. Efektivne vikoristannya r'runtiv iz zastosuvanniam suchasnykh geoinformatsiinykh tekhnologii // [S.A. Balyuk, I.V. Plisko, S.R.Truskavets'kii ta in.]; za nauk. red. S.A.Balyuka. K.: Agrarna nauka, 2011. 72 s.
10. Geoinformatsiini sistemi dlya upravlinnya zroshuvanimi zemlyami: navch. posib. // [V.O. Ushkarenko, V.V. Morozov, V.V.Kolesnikov ta in.]-Kherson, Vid-vo „LT-Ofis”, 2010. 378 s.
11. Informatsiine zabezpechennya zroshuvanogo zemlerobstva. Kontseptsiya, struktura, metodologiya organizatsii // [Romashchenko M.I., Drachins'ka E.S., Shevchenko A.M.]; za red. M.I. Romashchenka. K.: Agrarna nauka, 2005. 196 s.
12. Lisetskii F.N. Etalonnnye pochvy v sisteme osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii / Lisetskii F.N., Zamuraeva M.E., Polovinko V.V., Danil'chenko M.A. // *Problemy regional'noi ekologii*. 2009. № 1. S. 104-110.
13. Ushkarenko V. O. Rezervi zroshuvanogo zemlerobstva. (Seriya IX «Ekonomichnii i sotsial'nii rozvitok sela»; № 15). K.: t-vo «Znannya» URSSR, 1984. 48 s.
14. Taichinov S.N. Bonitirovka pochvy i kachestvennaya otsenka zemel'. Ul'yanovsk, 1997. 120 s.
15. Tyumentsev N.F. Sushchnost' bonitirovki na genetiko-proizvodstvennoi osnove. Novosibirsk, 1975. 140 s.
16. Caguan B., Uehara G. Soil anisotropy and its relation to aggregate stability. *Soil Science Soc. of Amer. Proc.* 29. 2. 1965. P. 198-200.
17. Mouazen A.M., Malaki M.R., Merckx R., Baerdemaeker J.De., Ramon H. Primary results on on-line measurement of some selected soil properties using a VIS-NIS sensor. *International Soil Tillage Research Organization 17 th Triennial Conference, Kiel, Germany*. 2006. P. 839-844.
18. Talsma T. Measurement of soil anisotropies with piezometers // *J. of Soil Science*. 11. 1. 1960. P. 159-171.
19. Butler B.E. Assessing the soil factor in agricultural production // *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 30. 4. 1964. P. 232-240.
20. Popp J., Hoag D., Ascough J.I. Targeting soil conservation policies for sustainability: new empirical evidence. // *J. Soil Water Conserv.* 57. 2002. P. 66-74.
21. Jackson L.E., Santos-Martin F., Hollander A.D., Horwath W.R., Howitt R.E., Kramer J.B., O'Geen A.T., Orlove B.S., Six J.W., Sokolow S.K., Sumner D.A., Tomich T.P., Wheeler

S.M. Potential for adaptation to climate change in an agricultural landscape in the central valley of California // California Climate Change Center. 2009. P. 165.

22. Torbert H.A., Kruege E., Kurtener D. Soil quality assessment using fuzzy modeling // Int. Agrophysics. 2008. 22. 365-370.

23. Letey J., Sojka R.E., Upchurch D.R., Cassel D.K., Olson K.R., Payne W.A., Petrie S.E., Price G.H., Reginato R.J., Scott R.D., Smethurst P.J., and Triplett G.B. Deficiencies in the soil quality concept and its application // J. Soil Water Conserv. 2003. 58. P. 180-187.

24. Narozhnyaya A.G., Karpenskaya S.Yu. Ispol'zovanie geoinformatsionnykh tekhnologii pri tipizatsii basseinovnykh struktur // KhKhIV plenarnoe soveshch. mezhvuz. nauchno-koordin. soveta po probleme erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh protsessov. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta. 2009. S. 550-553.

25. Lisetskii F.N., Panin A.G. Basseinovaya kontseptsiya prirodopol'zovaniya na sel'skikh territoriyakh Belgorodskoi oblasti // Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk. 2013. №1. S. 48-51.

26. Khaikin S. Neironnye seti: polnyi kurs // Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2-e izd. M.: Vil'yams, 2006. 1104 s.

27. Pichura V.I. Primenenie intellektual'nykh iskusstvennykh neironnykh setei dlya prognozirovaniya khimicheskikh pokazatelei orositel'noi vody (na primere Inguletskogo magistral'nogo kanala) // Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2012. № 2. S. 17-28.

28. Lisetskii F.N., Stolba V.F., Pichura V.I. Periodichnost' klimaticheskikh, gidrologicheskikh protsessov i ozernogo osadkonakopleniya na yuge Vostochno-Evropeiskoi ravniny // Problemy regional'noi ekologii. – 2013. – № 4. – S. 19-25.

29. Pichura V.I., Breus D.S. The Basin Approach in the Study of Spatial Distribution Anthropogenic Pressure With Irrigation Land Reclamation of the Dry Steppe Zone // Biogeosystem Technique. 2015. № 1 (3). S. 89-100.

30. Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A., Pichura V.I. Basseinovaya organizatsiya prirodopol'zovaniya dlya resheniya gidroekologicheskikh problem // Meteorologiya i gidrologiya. 2014. № 8. S. 66-76.

31. Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. Basin Organizations Of Nature Use, Belgorod Region // Biogeosystem Technique. 2014. № 2 (2). p. 163-173.

32. Khristenok A.A. Otsenka khimicheskikh metodov opredeleniya sodержaniya podvizhnogo kaliya v pochvakh // Agrokimiya i rruntoznavstvo. Mizhvidomchii nauk. zbirnik. Kharkiv: NNTs «IGA im. O.N. Sokolovskogo», 2007. Vip. 67. S. 90-98.

33. Medvedev V.V., Laktionova T.N. Granulometricheskii sostav pochv Ukrainy (geneticheskii, ekologicheskii i agronomicheskii aspekty). Khar'kov: Apostrof, 2011. 292 s.

УДК 631.41: 528.94: 51-71

### **Бассейновый подход к пространственно-временному моделированию и нейропрогнозирование обеспеченности калием почв зоны сухой степи**

Виталий Иванович Пичура

Херсонский государственный аграрный университет, Украина  
73006, Херсон, Розы Люксембург, 23  
E-mail: pichura@yandex.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты системного использования бассейнового подхода, геоинформационных и нейротехнологий для моделирования пространственной неоднородности и прогноза изменения содержания калия в степной и сухостепной зонах (на примере Херсонской области Украины). Установлено, что среди трех типов бассейнов наиболее неоднородными по структуре почвенного покрова и гранулометрического состава являются речные и прибрежные бассейны. В результате моделирования определена общая закономерность изменения содержания калия в слое

0...40 см за 42 года – непрерывный процесс постепенного истощения пахотных почв калием. Отсутствие регулярного, равномерного и необходимого количества поступления минеральных удобрений, проявление водной эрозии, включая ирригационную, и дефляции почв, а также длительное орошение привело в период 1970–2012 гг. к уменьшению содержания подвижного калия: в среднем на 18 % (с 442,8 мг/кг до 363,8 мг/кг). В результате пространственно-графического анализа по 4450 точкам наблюдений выявлено уменьшение вариабельности и восходящая квадратичная зависимость увеличения содержания калия в направлении с запада на восток и снижение с юга на север. Методом автокорреляционного анализа определены минимальный и максимальный радиус типичности формирования калия, составившие 2,5 ( $r=0,413$ ) и 12,5 км ( $r=0,170$ ) соответственно. Это указывает на значительную пространственную неоднородность распределения калия, как в границах отдельных бассейнов, так и внутри контуров различных типов почв. Инструментами многомерной статистики впервые созданы пространственные функции распределения и обеспечения калием почв в основных бассейнах Херсонской области (при корреляции 0,46 и 0,96 соответственно). Геоestatистическими методами и корреляционно-регрессионным анализом впервые для степной и сухостепной зоны аппроксимирована линейная зависимость ( $r=0,83$ ) обменного калия и содержания фракции физической глины (частиц  $<0,01$  мм) в гранулометрическом составе почвы. В результате нейротехнологического моделирования создана трехслойная искусственная нейронная сеть для пространственно-временного моделирования содержания калия в почвах. Достоверность аппроксимации нейромодели по стационарам исследований составила – 85-94%. При использовании существующих агротехнологий прогнозируется до 2025 г. необратимый процесс постепенного истощения почв калием: на богарных землях – на 1,9 мг/год, на орошаемых – на 3,1 мг/год. Полученный результат определяет территориальные приоритеты региональной политики, позволяя применять дифференцированную эффективность почвозащитного блока систем земледелия

**Ключевые слова:** плодородие почв, содержание калия, моделирование, прогнозирование, многомерная статистика, ГИС-технологии, нейротехнологии.

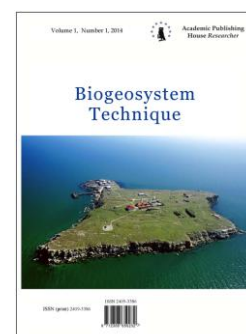
Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 4, Is. 2, pp. 185-188, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.185

[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



UDC 631.41

### **Soil Processes in *Haplic Kastanozems* of Central Anatolia (Turkey, Çumra Region): Bio- and Agrophysical Aspects**

<sup>1</sup>E. V. Shein

<sup>2</sup>S. A. Erol

<sup>1</sup>E. Yu. Milanovskiy

<sup>3</sup>F. D. Mikailsoy

<sup>1</sup>N. V. Verhovtseva

<sup>6</sup>S.I. Zinchenko

<sup>4</sup>F. Er

<sup>5</sup>S. Ersahin

<sup>1</sup> Moscow State University, Russian Federation

Faculty of Soil Science, Leninskie gory, Moscow, 119191

<sup>2</sup> University of Selcuk, Turkey

Çumra Higher Educational College, Çumraa/Konya, 42500

<sup>3</sup> University of Iğdır, Turkey

Department of Soil Science and Plant Nutrition, Konya, 76000

<sup>4</sup> University of Selcuk, Turkey

Çumra College of Applied Sciences, Çumra/Konya, 42500

<sup>5</sup> University of Cankiri Karatekin, Turkey

Department of Soil Science and Ecology, Cankiri, 18200

<sup>6</sup> Vladimir scientific institute of agronomy, Russian Federation

Suzdal, 601261

#### **Abstract**

Agrophysical properties and soil biota were studied in Haplic Kastanozems Chromic (calcareous soils) in Central Anatolia (Konya province, Çumra region). These heavy textured (medium clay) soils with a low content of organic carbon (less than 1%) have favorable biophysical properties due to the stable structure of the pore space. The favorable structure of the pore space is suggested to be stipulated by the activity of the numerous and diverse representatives of soil biota. *Actinobacteria* is the dominant in four phyla in the microbiological composition of the soils studied. The composition of this phylum is dominated by the elevated number of both higher (*Streptomyces*) and lower (three species of *Rhodococcus*) actinobacteria. The high biodiversity of bacteria against the background of their great total number and the developed trophic interactions in the microbial community promote the well balanced production of specific metabolites, including gaseous ones (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>). This circumstance allows this clayey soil to function rather actively while protecting the pore space against compaction and maintaining the optimal density, porosity, and hydrological properties.

**Keywords:** Soil Ecology, Pore Space, Microbiological Composition, Biogeophysics.

## Introduction

Agrolandscapes and soils of Central Anatolia are actively used in agriculture due to their high heat resources, natural fertility, and the availability of water for their additional irrigation. However, scientific works on the optimization of the water and heat regimes of these soils have not been carried out, although it is evident that such works are necessary to elaborate a strategy for the agricultural production and the rational use of the natural resources. Therefore, the agrophysical assessment of the soils in this region is very important. This work is aimed at studying the agrophysical properties and the soil microbiota of this calcareous soils in a special field experiment.

## Objects and methods

The Çumra region studied (about 172 thousand ha) is located in the central part of Turkey (Central Anatolia, Konya province) between 37° and 38° E and 33° and 34° N at an altitude of 1013 m a.s.l. It is mainly a mountain-hilly territory; in its plain area, agriculture has been maintained for a long time. The climate of the region has been formed under the influence of different factors, the main of which is its continentality: hot and dry summers and cold and dry winters. The mean annual temperature is 11.8°C; the minimal and maximal temperatures are -1.5 and +26.1°C, respectively. The mean annual precipitation is 306 mm. The soil profiles investigated were in the test area of the Agricultural Faculty of Selçuk University (Konya).

The particle size composition was determined using the laser diffraction method and a FRITSCH Analysette 22 device with the preliminary treatment of the samples with ultrasound in pure water [7]. The soil bulk density was determined by the method of a cutting ring [5, 7]; it was 1.03–1.10 g/cm<sup>3</sup> in the upper plow layer and, from the depth of 40 cm, 1.35–1.50 g/cm<sup>3</sup>. The contents of C and N were measured using a CNHS analyzer (Vario EL III Elementar) for solid samples. The obtained values of the C/N ratio were very low (table), thus testifying to the high N saturation of the organic matter. Usually [3, 5], in the well-humified organic matter, these ratios reach 12–13. The values of C/N ration 5–7 in the calcareous alluvial soils were most likely related to the organic matter absorbed on the surface of the fine elementary mineral soil particles. This organic matter appears to be associated with the metabolic products of the soil biota.

Table 1: The content of organic carbon (C org, %), carbonates (CaCO<sub>3</sub>, %) and nitrogen (N, %) in the alluvial soil at the beginning and end of the growing season. Above the line - data for June (vegetation period), below the line - for October (autumn, after vegetation)

Depth, cm	CaCO <sub>3</sub> , %	Corg, %	N, %	C/N
0-10	2.40/2.27	0.88/0.85	0.14/0.12	6.3/7.1
10-20	2.36/2.29	1.00/0.89	0.13/0.13	7.6/6.8
20-30	2.35/2.23	0.69/0.7	0.13/0.1	5.3/7.0
30-40	2.43/2.21	0.51/0.58	0.10/0.08	5.1/7.3
40-50	2.49/2.49	0.42/0.42	0.07/0.07	6.0/6.0
0-10	2.38/2.35	0.86/0.77	0.15/0.12	5.7/6.4
10-20	2.39/2.29	0.81/0.77	0.13/0.12	6.2/6.4
20-30	2.32/2.31	0.72/0.65	0.11/0.11	6.5/5.9
30-40	2.32/2.28	0.62/0.57	0.08/0.10	7.8/5.7
40-50	2.32/2.26	0.45/0.57	0.08/0.09	5.6/6.3
50-60	2.39/2.27	0.045/0.51	0.03/0.09	15/5.7

## Results and discussion

The soils studied are heavy textured along their whole profile (Table 1) using the laser diffraction method of granulometric composition [4]. According to the international classification, their particle size composition is silty clay (44.8% clay, 54.2% coarse silt, and 1% sand); by the Kachinskiy classification, they are referred to medium clay. At the depth of 40 cm, the soil texture becomes heavier, and the soil density increases. Probably, these changes in density and texture are related to the agricultural practices (compacting of the subsoil by agricultural machines) or to the natural lessivage of fine particles into the deeper layers. It should be emphasized that, despite the

heavy texture and low organic matter content, these soils have high porosity and a stable porous structure. This fact is confirmed by numerous measurements of the filtration coefficient by the method of flood areas. The values of this coefficient are unusually high for heavy textured soils: they range from 250 to 360 cm/day. As a rule, the soils of the same texture (light clay–medium clay) are characterized by low (3–7 cm/day) filtration coefficients (saturation conductivity) if the soils do not have a well pronounced stable aggregate structure. In the soils studied, there were no agronomically valuable aggregates. At the same time, the results of studying the water permeability of the soils showed that, in the first and last hours of the observations, the rate of absorption weakly decreased testifying to stable water conducting ways.

The latter is an important and agrophysically valuable property. The reason for the stable favorable agrophysical status of the studied soil is not clear, but it appears to be related to the high content of carbonates and to some other processes that stabilize the porous space and soil structure under these conditions. Thus, Loveland and Webb [2] consider that the main factor limiting the agrophysical properties is the content of organic matter. They suggest a threshold at 2% organic carbon for loamy soils. An absolute agrophysical criterion is the porosity of the soils. In a very compact soil, it restricts the respiration of the microorganisms [5, 7]. Some authors note that the favorable agrophysical status of clayey soils may be related to the  $\text{CaCO}_3$  content, the concentration of which should be in the range of 9–19% [7]. According to the criteria accepted in Russia, the soils studied belong to favorable ones in terms of their agrophysical status. However, the low organic carbon content (up to 1%), the low C/N ratios, and the low content of carbonates presuppose a low level of agrophysical conditions [1, 5, 7] (Table 1).

This fact is considered interesting and very important for understanding the agrophysical assessment of the soils. We suggested that the favorable agrophysical status of the alluvial soils in the Čumra region is provided by their rich and diverse microbiota and its high activity in these well heated clayey soils. The results of the total microbiological characterization of the studied soils showed that four phyla predominated there. Among them, the *Actinobacteria* phylum is the dominant one (fig.1).

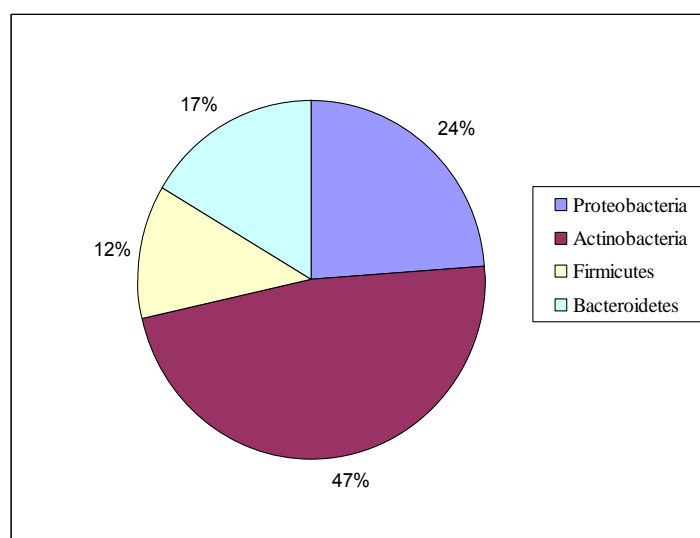


Fig. 1. Composition and structure of the soil microbial community (reconstructed by chemical markers by gas chromatography-mass spectrometry [8])

In the *Actinobacteria* phylum, both higher (*Streptomyces* forming mycelium) and lower (three species of *Rhodococcus*) actinobacteria were found in elevated amounts. These species are actinobacteria, for which the main ecological niche is the anaerobic zone of the soil, where they perform the hydrolysis of complex substrates, for instance, the hydrolysis of cellulose and even carbohydrates. In addition, the antibiotic activity of *Streptomyces* is important in the formation of the microbial community, where *Streptomyces* act as a factor regulating the composition of the cenosis, which inhibits the development of one species and provides conditions for the reproduction of other ones. *Rhodococcus* is able to produce bioactive steroids and acrylic acid.

Anaerobic hydrolytics of this phylum are no less important. We found *Bifidobacterium* sp., which was not observed in the control soil, in the soil of plot 1, probably, due to the exudates of sugar beets cultivated on this soil. This genus is useful for soil fertility, since it has the ability to excrete some enzymes, aminoacids, and regulators of the plant growth [3, 8]. On the whole, the diversity of microorganisms is rather high—47 species of bacteria from 35 genera. The total number is 107 cell/g soils. It is worth noting that, at the humus content of 1%, this number of bacteria and their diversity are considered rather high. The C/N ratio in the soil is close to that characteristic of microbial cells (6.2) [3], thus showing favorable soil conditions for the development of microorganisms. Probably, the high biodiversity at the great number of bacteria and the developed trophic interrelations in the microbial community promote the balanced production of specific metabolites, including gaseous ones (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>). This fact allows the clayey soil studied to actively protect the porous space against consolidation and to maintain the optimal density, porosity, and hydrological properties. This conclusion is preliminary, and a detailed study of the structure of the microbial communities and numerous tests are needed. It points to the necessity to continue research on the determination of the relations between the physical properties and the agrophysical processes and the composition, properties, and functioning of the soil biota. But production of gaseous metabolites allows this clayey soil to function rather actively while protecting the pore space against compaction and maintaining the optimal density, porosity, and hydrological properties.

### Conclusions

The favorable density and structure of the pore space in alluvial clay soils in Central Anatolia is suggested to be stipulated by the active activity of the numerous and diverse representatives of soil biota. The values of C/N ratio about 5–7 in the calcareous alluvial soils were most likely related to the organic matter absorbed on the surface of the fine elementary mineral soil particles. This organic matter appears to be associated with the metabolic products of the soil biota. Four phyla predominate in the microbiological composition of the soils studied; among them, *Actinobacteria* is the dominant. The composition of this phylum is dominated by the elevated number of both higher (*Streptomyces*) and lower (three species of *Rhodococcus*) actinobacteria. The high biodiversity of bacteria against the background of their great total number and the developed trophic interactions in the microbial community promote the well balanced production of specific metabolites. Soil agrophysical properties are rather good and stable because of the microbial activity.

### References:

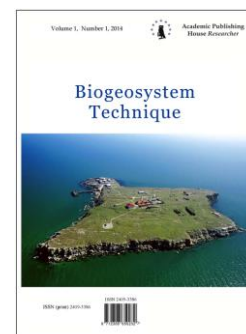
1. Gülser C., Kizilkaya R. (2013). Concept of soil quality. Proceedings of the Workshop on ‘*The biophysical attributes of soil quality*’, pp. 83 – 94. (May 29 – 31, 2013 Samsun, Turkey).
2. Loveland P., Webb J. (2003). Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil Tillage Res.* 70, 1–18.
3. Kögel-Knabner I., Ekschmitt K., Flessac H., Guggenberger G., Matzner E., Marschner B. (2007). SOM fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms, *Soil Biol. Biochem.* 39, pp. 2183–2207.
4. Shein E., Milanovskiy E. Molov A. (2006). The effect of organic matter on the difference between particle size distribution data obtained by the sedimentometric and laser diffraction methods. *Eur. Soil Sci.* 39, Suppl. 1, pp. 84–90.
5. Shein E.V. (2005). *A Course of Soil Physics*. Ed. Moscow State University, Moscow, 432 p. [in Russian].
6. Shein E.V., Makhnovetskaya S.V. (1995). Agrophysical assessment of soils on the basis of the analysis of their predicted water and air regimes, *Pochvovedenie*, 2, 187–191.
7. *Theories and Methods of Soil Physics*. (2007). Editors by Shein E.V., Karpachevskii L.O. (Grif & Co Moscow, 616 p. [in Russian].
8. Verkhovtseva N.V., Osipov G.A. (2002). Comparative investigation of vermicompost microbial communities, in *Microbiology of Composting*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg. P. 99-108.



Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 4, Is. 2, pp. 189-207, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.189

[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)

UDC 581.5\*631.41

### Carbon Stock in Soil and Vegetation of South Taiga Post-Agrogenic Ecosystems (Kostroma Region)

<sup>1</sup>Valeria M. Telesnina<sup>2</sup>Michael A. Zhukov

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Russian Federation  
PhD (Biology), senior researcher

E-mail: [vtelesnina@mail.ru](mailto:vtelesnina@mail.ru)

<sup>2</sup>Agency of Natural Hazard System Analysis, Moscow, Russian Federation  
PhD (Biology), expert

#### Abstract

Particularities of some biological cycling indexes and humus condition indexes dynamic due to natural post-agrogenic re-afforestation in south taiga were studied. By post-agrogenic succession, total plant biomass in ecosystems increases due to tree stand renewal, biomass growth rate by arable land overgrowing exceeding biomass growth rate by hayfield overgrowing. Total carbon stock in ecosystems increases by post-agrogenic re-afforestation mainly due to perennial plant parts. The part of soil carbon, conversely, decreases in spite of absolutely increasing. Especially clearly, carbon accumulation takes place in overgrowing arable land, formed on sandy soil. For overgrowing arable land, essential increasing content and stock of carbon in topsoil is observed. For overgrowing hayfield, decreasing these indexes is observed on initial stage of succession. The particularities of organic carbon content and stock post-agrogenic dynamic depends on soil reclamation history, vegetation dynamic and native soil features, including soil texture.

**Keywords:** carbon, succession, post-agrogenic soils.

#### Введение

В настоящее время на территории России большое количество пахотных земель выведено из сельскохозяйственного использования по данным официальной статистики [1, 2]. Основной массив залежей (45 % от их общей площади) расположен в подзоне южной тайги. Они занимают около 20 % территории этой зоны, причем почти половина из них выведена из использования сравнительно недавно – с 1990 по 2007 гг. [3]. Наибольшее количество работ по почвам залежей посвящено лесным почвам Европейской территории России [4; 5; 6]. При этом большое внимание уделялось динамике углерода в почвах [7; 8; 9]. Изменению содержания органического вещества и питательных элементов в постагрогенных почвах при их зарастании лесом посвящено и много зарубежных работ [10; 11; 12; 13; 14; 15]. С поселением естественной растительности на пахотных почвах, оставленных в залежь, пахотный слой трансформируется и наблюдается постепенное восстановление генетического профиля зональных лесных почв. С наибольшей скоростью

изменяются и наиболее быстро восстанавливаются в процессе лесовозобновления химические свойства почв, такие как кислотность, содержание обменных кальция и магния, алюминия [4; 16]. Изъятие почвы из регулярной агротехники и перевод ее в залежь со сменой растительного покрова приводит к существенным изменениям в содержании органического вещества. При этом направление и характер динамики содержания и запасов гумуса зависят от ряда факторов и поэтому неоднозначны. Разными авторами отмечаются разнообразные тенденции в изменении этих показателей [17; 7; 18; 19]. По данным А.С. Фоминой [20], при зарастании пашни, образованной на флювиогляциальных песках, происходит сначала увеличение содержания и запасов гумуса на луговой стадии, затем постепенное уменьшение как содержания, так и запасов после появления леса. В то же время в работе А.В. Литвиновича [21] подчеркивается тот факт, что с увеличением возраста залежи ослабляется проявление дернового процесса, поэтому в первые 10 лет происходит уменьшение содержания и запасов органического вещества. Существенную роль в динамике органического вещества, помимо биоклиматического фактора, играет также гранулометрический состав и степень окультуренности почвы [3; 22]. Например, в работе Н.Н. Матинян с соавторами [23] выявлено, что при очень интенсивной окультуренности песчаных почв после прекращения их освоения запасы гумуса убывают, тогда как при зарастании пашни, образованной на суглинистой почве, запасы гумуса сначала убывают, а потом возрастают на стадии щучкового луга. Изменение режима землепользования, в частности, прекращение распашки, неизбежно приводит к существенным изменениям во всех составляющих круговорота углерода. В работах последних лет в основном представлены балансовые расчеты на основе различных моделей, которые представляют собой оценочные данные по запасам органического вещества в почвах, скоростям его аккумуляции и т.д. [24; 25]. Общей тенденцией, которую отмечают все авторы, является существенное увеличение стока углерода в ходе естественного лесовосстановления. На фоне большого числа работ, посвященных эволюции почв в ходе постагрогенеза, а также при наличии ряда работ по демулационной динамике растительности [26; 27; 28], в настоящее время мало изучают динамику биологического круговорота в ходе демулационной сукцессии, и вообще его специфику для постагрогенных экосистем.

Цель настоящей работы – изучить динамику запасов углерода разных компонентов экосистемы в ходе естественного постагрогенного лесовосстановления. Для этого были поставлены две группы задач: 1) изучение постагрогенной динамики как некоторых почвенных свойств, связанных с углеродным балансом экосистемы (содержание и запас органического углерода, особенности лесных подстилок); 2) изучение ряда показателей биологического круговорота (биомасса разных фракций растительности, доля легкоразлагаемого опада).

### **Объекты и методы исследования**

Исследование проводили на территории Мантуровского района Костромской области. В целом условия почвообразования характерны для северной части южной тайги. Согласно ботанико-географическому районированию [29], его территория входит в подзону южнотаежных лесов североевропейской провинции Евразийской таежной области. Почвообразующие породы представляют собой разнообразные ледниковые и водно-ледниковые отложения [30]. Чаще всего встречаются двучленные породы – древнеаллювиальные или флювиогляциальные пески (иногда перекрытые покровными суглинками) залегают на глинистых моренных отложениях. Глубина залегания определяется положением в мезорельефе. Объекты исследования представляют собой два хроноряда – зарастающую пашню (Унжинский участок) и зарастающий сенокос (Масловский участок).

Масловский участок расположен в 7 км от русла реки. Это – луг, со всех сторон окруженный лесом. Почвообразующие породы – супесчаные отложения, подстилаемые моренными суглинками на глубине 30–35 см. Основная часть территории распахана в 1970–1980-х годах и эксплуатировалась несколько лет, после чего ее долго использовали как сенокос. Площадь покоса постепенно сокращалась, в результате происходит зарастание луга лесом. Выделены 4 стадии зарастания: луг, косившийся последний раз в 2010 г. – «сенокос»; луг, который последний раз был выкошен в 1998–1999 г. – «зарастающий сенокос», в 2012 г.

уже сформирован древостой высотой до 2.5 м, из ели, сосны обыкновенной, березы повислой, осины, ольхи серой; сомкнутый ивово-березовый лес 20–22 лет; березово-еловый лес примерно 85–90 летнего возраста (фон). Возраст деревьев определяли с помощью кернения. Естественно, «фонный» лес не является климаксовым, однако на изучаемой территории такой лес наиболее приближен по возрасту и строению к климаксовому сообществу. **Почва «фонного» леса – дерново-подзолистая** [31], ивово-березового леса – дерново-подзолистая постагрогенная, остальные – агродерново-подзолистые. При этом расстояние между сенокосом и 85–90-летним лесом не превышает 50–60 м.

Унжинский участок расположен в 1–2 км от русла р. Унжи, на том же берегу. Почвообразующие породы – пески, в толще которых на разной глубине встречаются линзы глин. На Унжинском участке выделены следующие стадии зарастания: пашня с посевами овса (0-стадия) – распашка осуществляется более 15 лет; залежь с 2005 г. – «молодая залежь»; залежь примерно с 2000 г. («старая залежь»), на которой к 2012 г. сформирован несомкнутый молодой древостой высотой в 1.5–3 м из ивы козьей; осиново-березовый лес 35–40 лет; березово-еловый лес примерно 100 лет (фон). **Почва «фонного» леса – подзолистая.** 35–40 летнего леса – дерново-подзолистая постагрогенная, остальные – агродерново-подзолистые (табл. 1). Таким образом, изучаемые хроноряды различаются: 1) историей освоения; 2) особенностями почв, в частности гранулометрическим составом. Биомассу разных фракций древостоя определяли аллометрически по методике Д.Г. Замолотчикова [32]. Надземная биомасса травяного (травяно-кустарничкового) яруса исследована методом укусов (повторность – 5), подземная – методом монолитов (повторность – 5, глубина взятия корней – 0–10, 10–20 и 20–30 см).

Исследования почвенных свойств осуществлялись принятыми в почвоведении методами [33].

### **Результаты и обсуждение**

По мере постагрогенной сукцессии постепенно уменьшается надземная фитомасса травяного (травяно-кустарничкового) яруса (рис. 1). После прекращения распашки вначале происходит бурный рост травостоя, т. наз. «рудеральный всплеск», далее биомасса начинает резко уменьшаться после появления древесного полога.

Из доминантов в травостое постепенно уходят высокопродуктивные злаки и осот, дающие максимальную биомассу на 5–7 летней залежи. По мере развития древостоя продолжается уменьшение биомассы напочвенного покрова по причине снижения освещенности. На стадии 100-летнего леса выявлено вторичное возрастание биомассы напочвенного покрова – за счет кустарничков (черника, брусника). Довольно отчетливо происходит также уменьшение биомассы травяно-кустарничкового яруса и при зарастании сенокоса – и при появлении еще не сомкнутого древостоя, и при его смыкании. Прекращение сенокосения уже в первые 5 лет может вызывать уменьшение продуктивности травостоя по причине изменения флористического состава, а также появлению слоя мортмассы, затрудняющего прорастание растений многих видов [34]. Уменьшение корневой биомассы травяно-кустарничкового яруса в ходе постагрогенной сукцессии происходит не так отчетливо и имеет характер тенденции в обоих хронорядах. Резкое уменьшение подземной массы трав соответствует переходу к стадии максимально сомкнутого древостоя (в 4–5 раз).

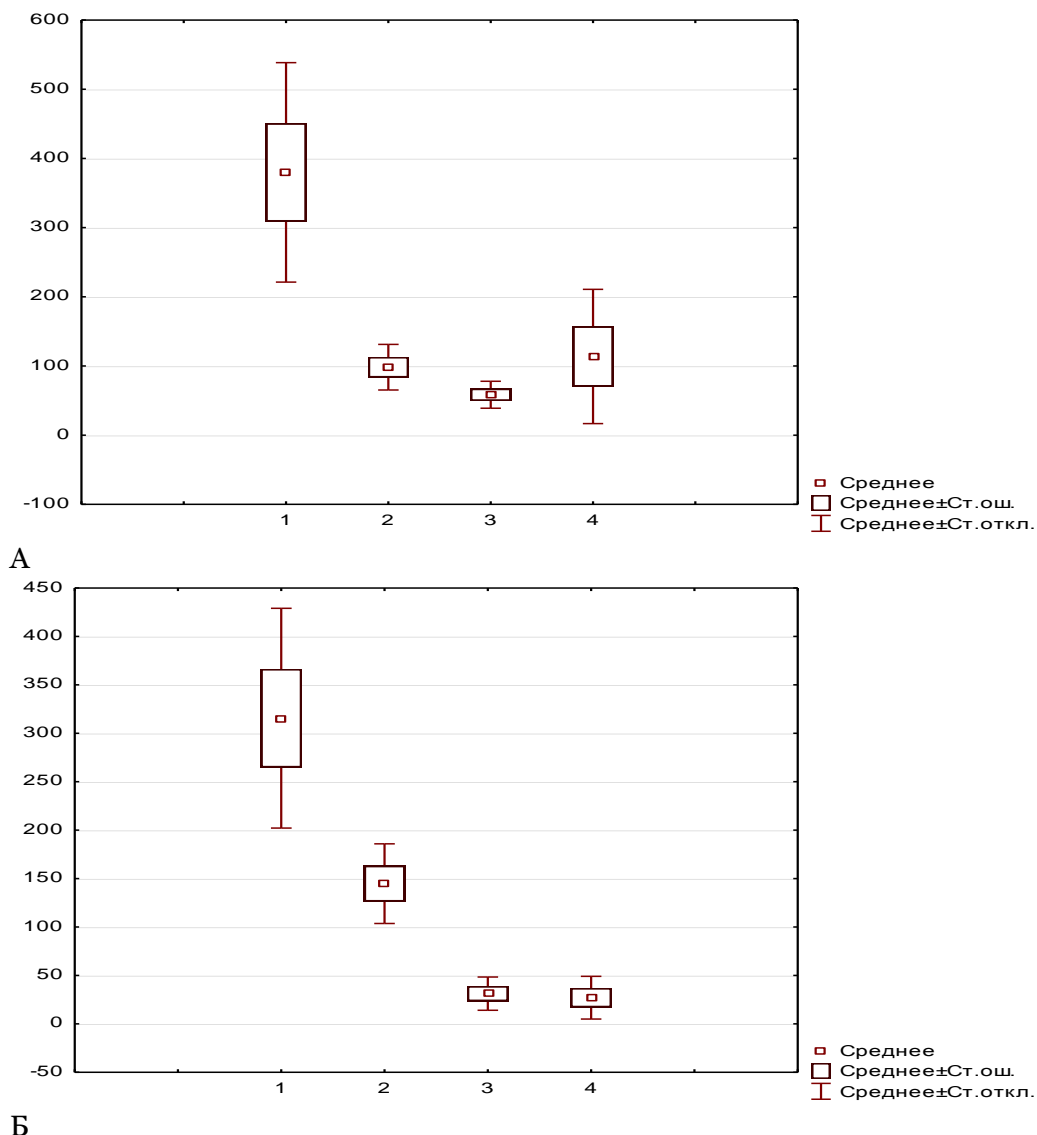


Рис. 1. Динамика надземной фитомассы травяного яруса в ходе зарастания пашни (А) и сенокоса (Б). А: 1 – залежь с 2005 г., 2 – залежь с 2000 г., 3 – лес 40 лет, 4 – лес 100 лет.  
Б: 1 – сенокос, 2 – зарастающий сенокос, 3 – лес 20 лет, 4 – лес 95 лет

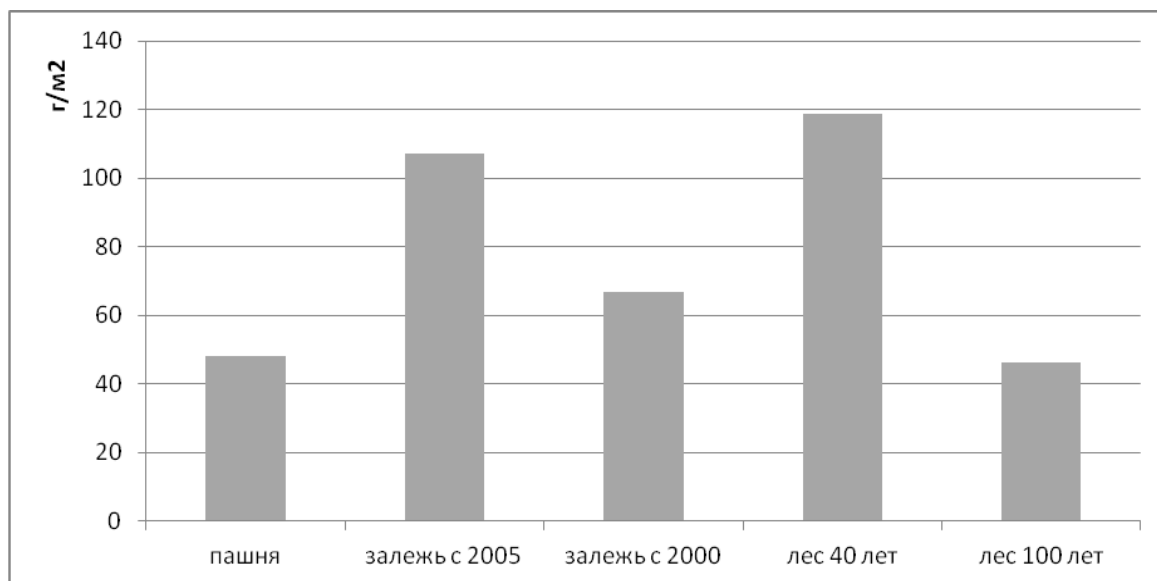
При анализе динамики флористического состава и продуктивности древостоя выявлено различие между двумя изучаемыми хронориями. Так, стадии, соответствующие примерно 13 лет после прекращения сельскохозяйственного использования, отличаются составом возобновляющегося древостоя. Древостой на залежи по пашне представлен почти исключительно ивой козьей при незначительном участии березы, тогда как древостой на залежи по сенокосу – елью, сосной, березой, ольхой серой, осиной и ивой козьей (преобладает береза). Возможно, это связано с тем, что в условиях прошлого освоения почвы ива козья быстро захватывает экологическую нишу, и другие виды не выдерживают конкуренции. Стоит отметить, что расстояние до леса, служащего источником поступления семян деревьев, примерно одинаково в обоих хронориях. Увеличение биомассы древостоя на бывшей пашне осуществляется с большей скоростью, чем на бывшем сенокосе, что объясняется, возможно, относительно благоприятными почвенно-растительными условиями, связанными с недавним освоением почвы на пашне. Кроме того, на бывшей пашне нет такой высокой конкуренции со стороны злаков, образующих дернину, как на бывшем сенокосе [35]. Так, общая биомасса древостоя через 12–13 лет после прекращения использования более чем в 4 раза выше в хроноряду, соответствующем зарастающей пашне. Максимальное развитие листвы мелколиственных пород и, как следствие, поступление

листового опада, соответствует возрасту 35–40 лет. При этом биомасса древостоя хвойного леса, соответствующего «сенокосному» ряду, несколько выше, чем аналогичный показатель «контрольного» леса в другом хроноряду (табл. 1). Отдельно была изучена масса так называемого легкоразлагаемого опада, под которым авторы понимают следующие составляющие: 1) надземная биомасса травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ), кроме зимнезеленых растений; 2) корневая биомасса травяно-кустарничкового яруса (за год корневым опадом становится примерно 1/3 ее часть [36]; 3) лиственный опад мелколиственных пород.

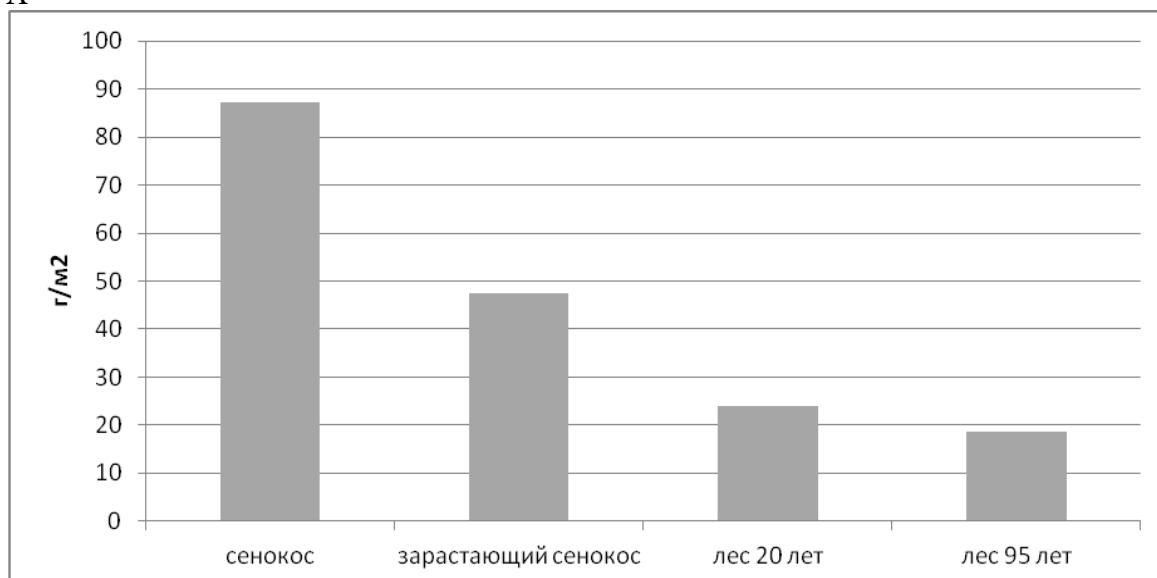
Таблица 1. Биомасса разных фракций древостоя (все данные в т/га)

	Стволы, ветви		Корни древ.		хвоя		листва	
	2009	2014	2009	2014	2009	2014	2009	2014
Пашня	0	0	0	0	0	0	0	0
Залежь 2005	0	0	0	0	0	0	0	0
Залежь 2000	10.2	22.6	3.2	4.2	0	0	0.6	1.2
Лес 40 лет	123.2	123.2	38.8	38.8	0	0	15.0	15.0
Лес 100 лет	147.5	147.5	43.8	43.8	4.8	4.8	2.5	2.5
Сенокос	0	0	0	0	0	0	0	0
Зарастающий сенокос	0	2.54	0	1.15	0	0.77	0	0.38
Лес 20 лет	40.8	49.0	8.7	14.7	0	0.014	2.0	4.67
Лес 95 лет	223.0	223.0	43.7	43.7	11.4	11.4	2.9	2.9

Кроме того, в лесных экосистемах имеет значение такой показатель, как тонкие корни деревьев, но в ходе настоящей работы он еще не был определен. Легкоразлагаемый опад имеет наиболее важное значение для образования гуминовых веществ, а также для деятельности почвенных микроорганизмов. Единственным источником поступления зольных элементов и азота в почву пашни с легкоразлагаемым опадом являются корни, поскольку надземные отчуждаются при уборке урожая (рис. 2, 3). После прекращения распашки поступление азота и зольных элементов существенно увеличивается за счет высокопродуктивного травяного яруса, состоящего из легко разлагающихся злаков, разнотравья и бобовых. Второй максимум поступления азота и зольных элементов выявлен для 40-летнего осиново-березового леса – преимущественно за счет листового опада деревьев. При постагрогенном лесовосстановлении по сенокосному лугу с уменьшением продуктивности травостоя и началом возобновления деревьев поступление азота и зольных элементов уменьшается почти вдвое, как за счет надземной биомассы, так и за счет корней трав. К 20-летнему возрасту вторичного мелколиственного леса запас поступающего с опадом азота остается на прежнем уровне, запас зольных элементов продолжает уменьшаться. Поступление азота в травяных экосистемах, а также в 20-летнем ивово-березовом лесу, осуществляется главным образом за счет корневых систем, в экосистемах 40-летнего леса и более старых лесов – главным образом за счет мелколиственного опада. В поступление зольных элементов наибольший вклад вносят также корни травяно-кустарничкового яруса в луговых экосистемах, и мелколиственный опад в 40-летнем лесу. В 40-летнем лесу поступление органического вещества, так же как и азота с зольными элементами, существенно выше, чем в 100-летнем, как за счет мелколиственного опада, так и за счет корней травяно-кустарничкового яруса.



А

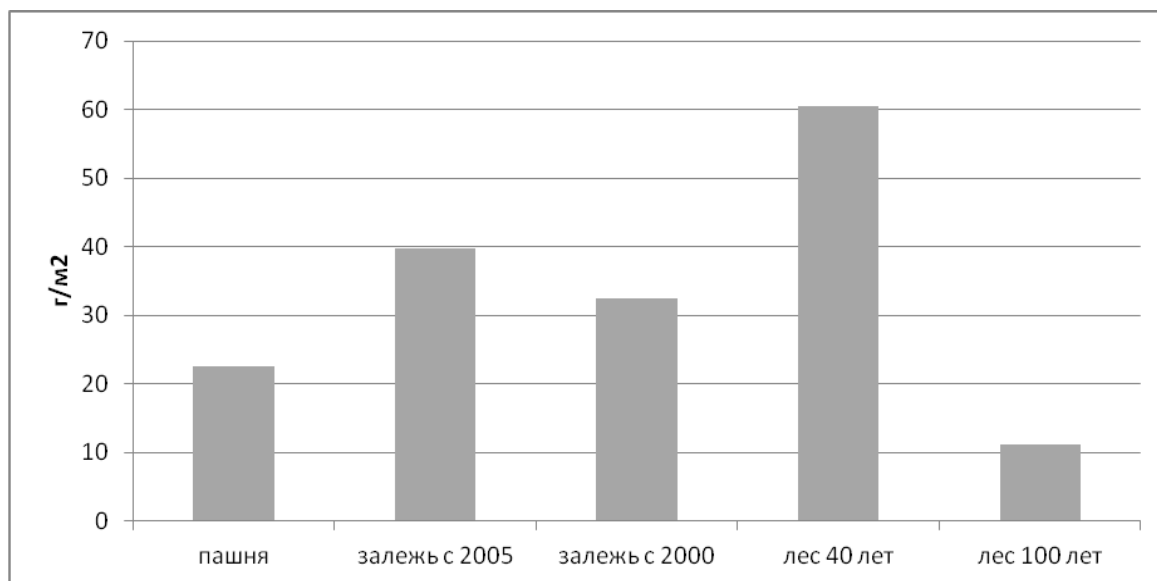


Б

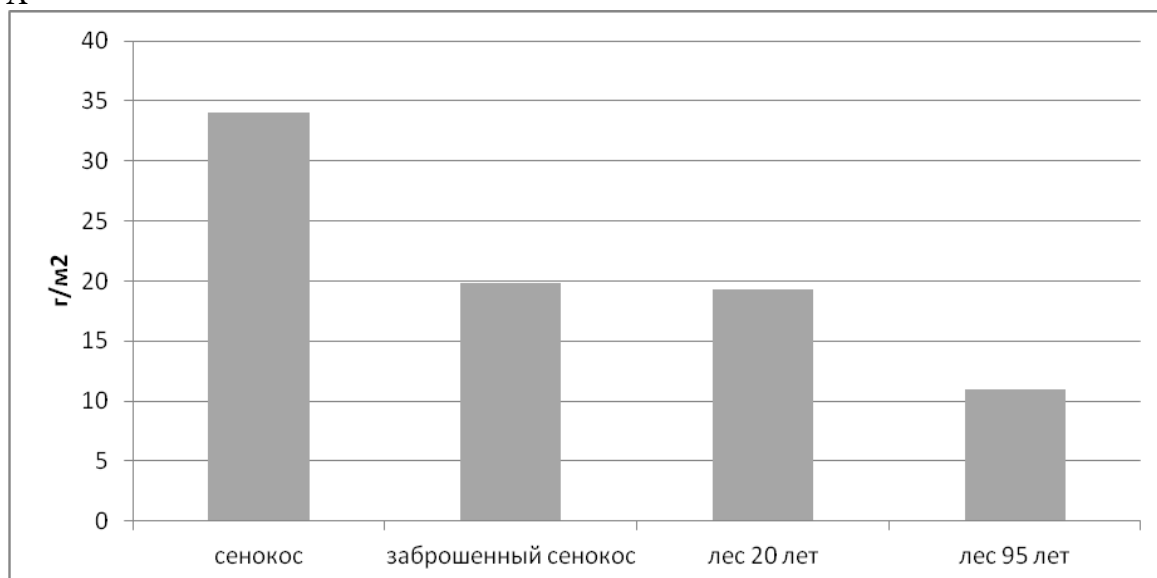
Рис. 2. Запасы зольных элементов в легкоразлагаемом опаде.

А – зарастающая пашня, Б – зарастающий сенокос

Важным компонентом лесных экосистем вообще и лесных почв в частности является подстилка [37], поэтому при изучении естественного лесовосстановления нельзя не уделить внимание динамике свойств этого горизонта. Что касается залежи с 2000 г., горизонт подстилки может быть выделен весьма условно, так как не имеет сплошного распространения. В осиново-березовом лесу подстилка представляет собой уже сформированный горизонт, хотя и состоящий почти исключительно из подгоризонта L. леса отчетливо стратифицируется на подгор. L и F, иногда можно выделить маломощный темный мажущийся подгор. H, органическое вещество которого частично проникает в нижележащий горизонт. Запасы подстилки в 100-летнем лесу увеличиваются вдвое по сравнению с 40-летним мелколиственным лесом. В ходе постагрогенной эволюции существенно увеличивается кислотность подстилки (табл. 2), уменьшается зольность, что вызвано изменением состава опада (в 100-летнем лесу появляется хвоя ели, мхи и кустарнички, замедляющие процесс разложения), содержания зольных элементов в опаде, а также со степенью разложения подстилки.



А



Б

*Рис. 3. Запасы азота в легкоразлагаемом опаде.  
А – зарастающая пашня, Б – зарастающий сенокос*

При лесовосстановлении по сенокосу также наблюдается увеличение мощности и запасов лесной подстилки, однако нет такого четкого увеличения кислотности и уменьшения зольности. Строение и сложность организации подстилки тоже не претерпевает существенных изменений за 70 лет. Причина, по-видимому, связана с существенным различием нативных свойств почв в двух изучаемых хронорядках – песчаная подзолистая почва характеризуется довольно мощной подстилкой, имеющей сложное строение и составляющей наиболее существенную часть органофиля, тогда как дерново-подзолистая почва более тяжелого гранулометрического состава характеризуется другим органофилем – маломощная подстилка переходит в мощный гумусово-аккумулятивный горизонт.

Таблица 2. Особенности лесных подстилок

Объект	2009, запасы т/га	2014, запасы т/га	Зольность сырая, %	C/N	мощность, см	pH	Классификационная принадлежность по Л.Г. Богатыреву [38]
<b>Зарастающая пашня</b>							
Залежь с 2000 года	0	4,2	10,2	35,1	менее 2	нет данных	Деструктивная сверхсопряженная примитивная очень маломощная лиственная
Осиново- березовый лес 40 лет	10,0	8,2	7,7	34,1	2-5	4,9-5,4	Деструктивная сверхсопряженная примитивная маломощная лиственная
Березово- еловый лес 100 лет	21,2	19,8	3,7	22,4	7-12	3,7-4,1	Ферментативная (гумифицированная) несопряженная сложная среднемощная хвойно-лиственная
<b>Зарастающий сенокос</b>							
Ивово- березовый лес 20 лет	4,0	5,6	9,7	нет данных	3-5	4,8-5,2	деструктивная сверхсопряженная примитивная маломощная лиственная
Березово- еловый лес 95 лет	7,2	8,0	5,4	нет данных	4-7	4,6-5,0	Деструктивная (ферментативная) сверхсопряженная субпримитивная маломощная лиственная

Для двух изучаемых хронорядов выявлена разная динамика содержания органического углерода в верхнем минеральном горизонте, особенно на глубинах 0–10 и 10–20 см. При демуляции по сенокосному лугу, образованному на суглинистой почве, динамика содержания органического углерода имеет неоднозначный характер (рис. 4).



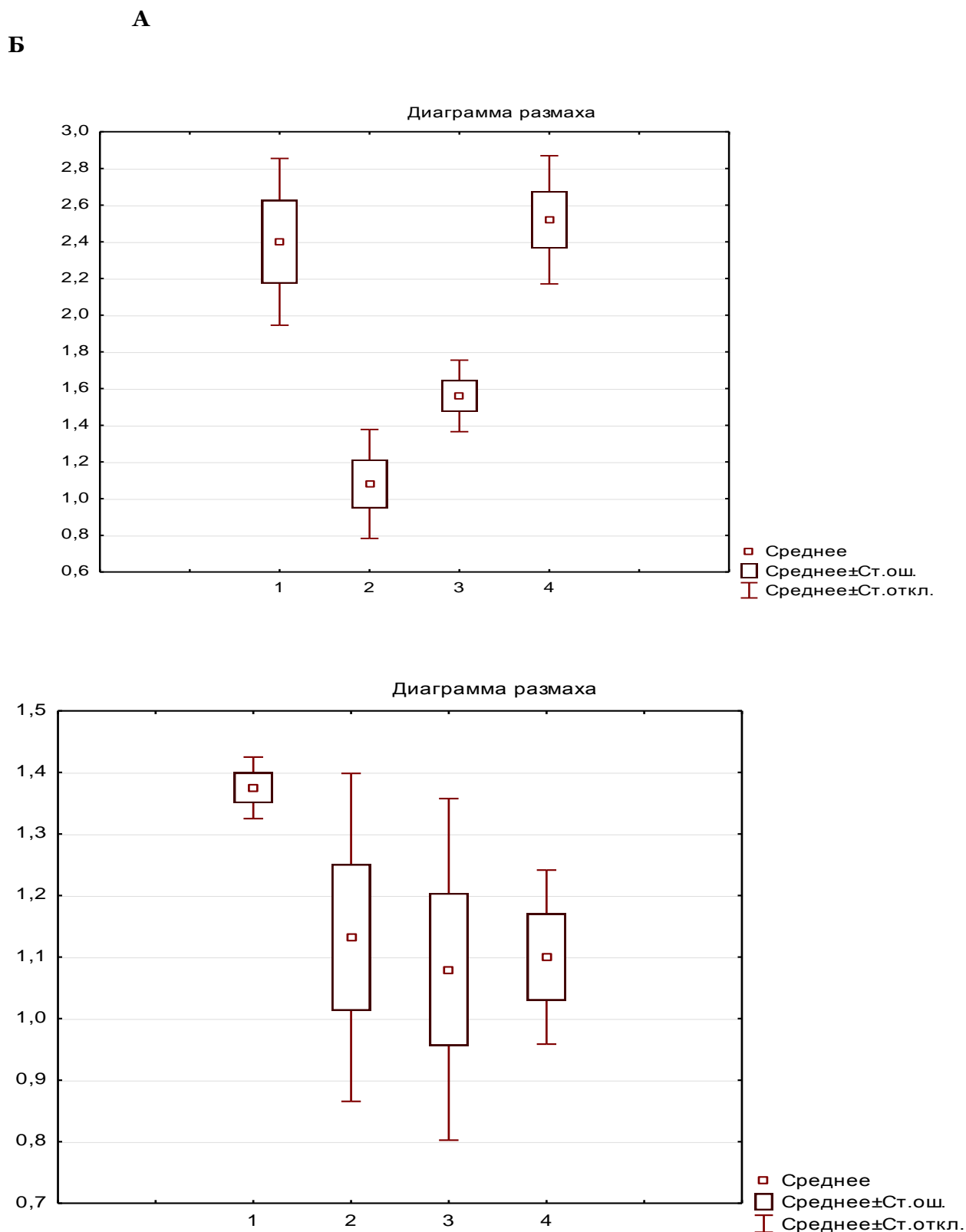
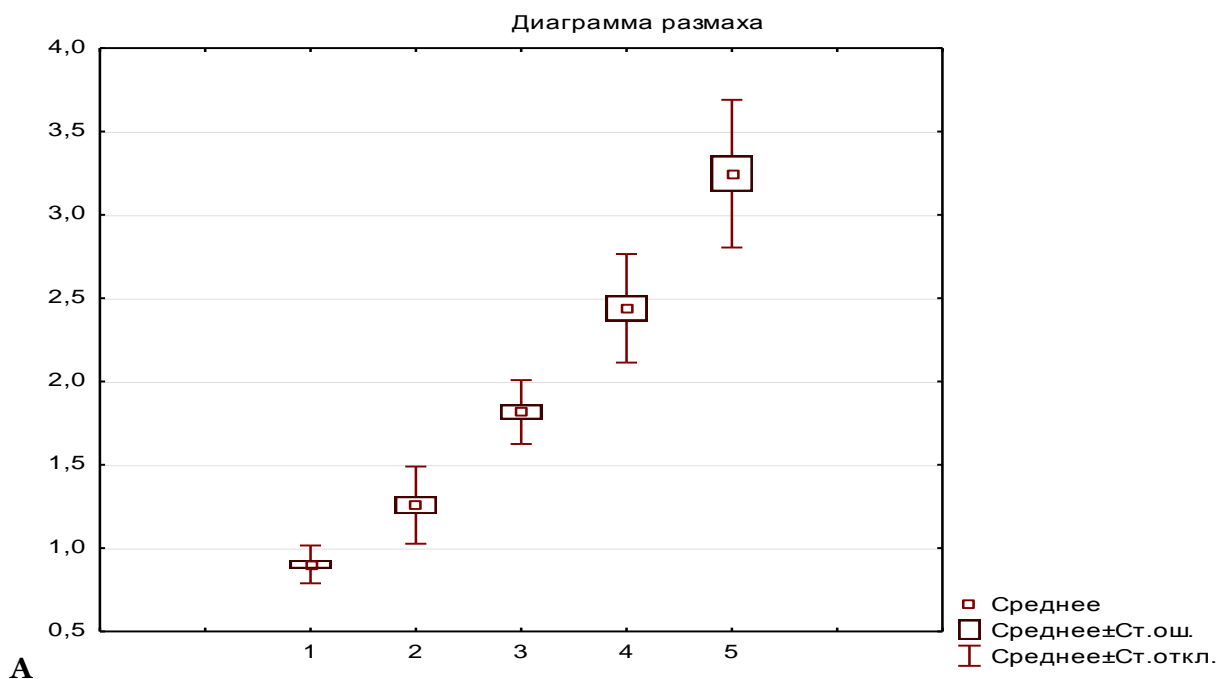
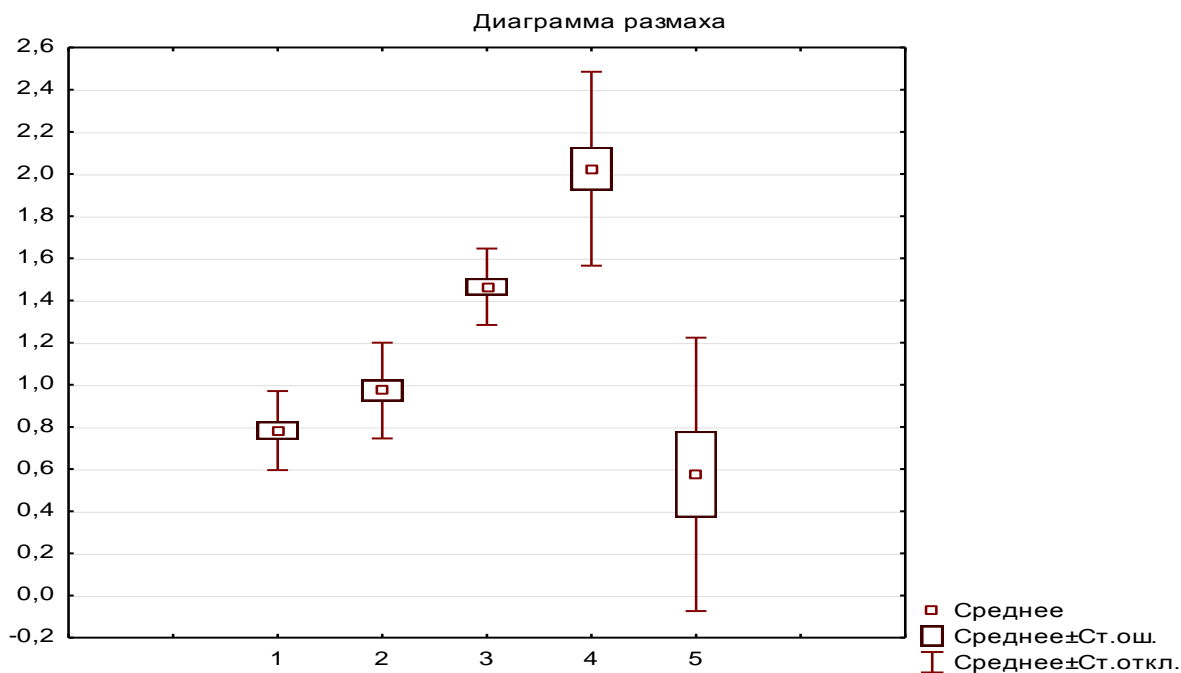


Рис. 4. Диаграмма динамики содержания органического углерода на глубине 0-10 (А) и 10-20 (Б). Зарастающий сенокос. Стадии зарастания: 1 – сенокос, 2 – зарастающий сенокос, 3 – лес 20 лет, 4 – лес 95 лет

Содержание углерода в почве луга, где сенокос прекратился совсем недавно, превышает этот показатель на двух следующих стадиях сукцессии более чем в два раза, что, по крайней мере, на глубине 0-10 см. Отчуждение части травостоя при выкашивании, согласно данным А.А. Ларионовой с соавторами [39] может при определенных условиях (сочетание частоты и времени выкашивания) увеличивать аккумуляцию органического углерода в почве. Возможно, определенную роль играет резкое уменьшение на следующей стадии (10-13 летняя залежь по сенокосу) как подземной, так и надземной биомассы травостоя, и, как следствие, уменьшение почти вдвое (рис. 2, 3) запаса азота и зольных элементов, поступающих с опадом. Зарастающий сенокос 10-13 лет является уже практически промежуточной стадией между луговой и лесной экосистемой – с одной стороны уже нет высокопродуктивного травостоя, с другой – еще нет лесного оранопрофиля, включающего определенный запас детрита. Похожие данные относительно динамики органического вещества в почве после прекращения сенокоса получены авторами также для более легких почв также в Костромской области [40]. Динамика содержания органического вещества на следующих стадиях сукцессии на глубине 0-10, на глубине же 10-20 уже не выражена - распашка почвы производилась очень давно, и интенсивность постагрогенного изменения свойств почв определяется не глубиной старопашотного горизонта, а глубиной влияния растений. Кроме того, по мере увеличения возраста залежи сфера действия дернового процесса, особенно на тяжелых почвах, приближается к поверхности [21]. В ходе демутационной сукцессии по пашне (рис. 5), образованной на супесчаной почве, содержание углерода в слое 0-10 см явно увеличивается, достигая максимального значения в почве 100-летнего леса. Такая постагрогенная динамика содержания углерода в целом совпадает с данными других авторов [41; 16].





Б

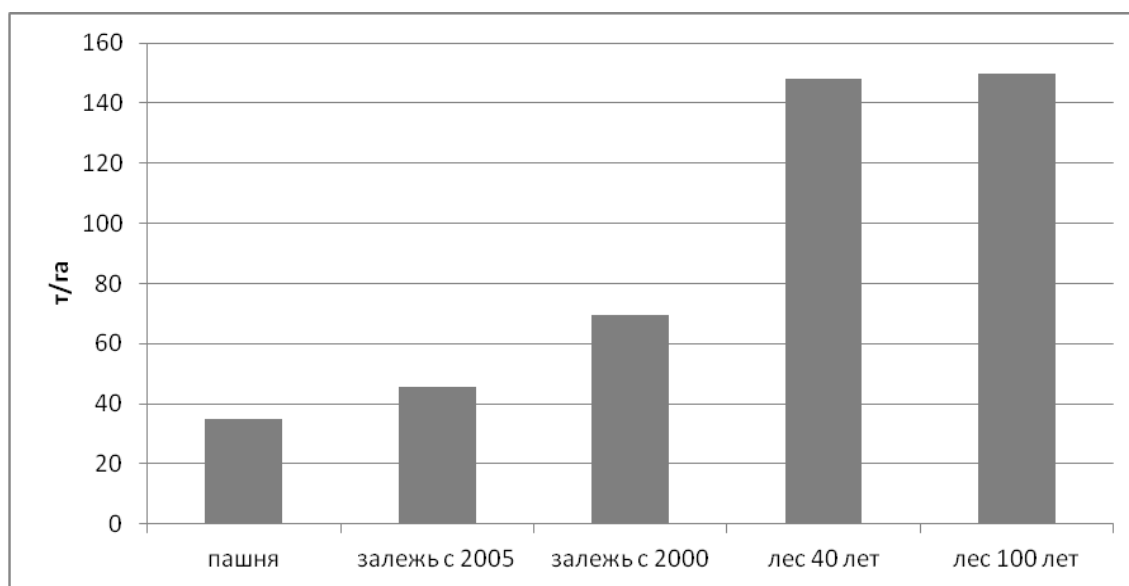
Рис. 5. Диаграмма размаха содержания углерода в слое 0-10 (А) и 10-20 (Б).  
Зарастающая пашня. Стадии зарастания: 1 – пашня; 2 – залежь 10 лет; 3-залежь 15 лет;  
4 – осиново-березовый лес 40 лет; 5 – 100-летний березово-еловый лес

На глубине 10-20 см в целом сохраняется тенденция к увеличению содержания углерода. Однако, в подзолистой почве 100-летнего леса, где собственно старопашотный горизонт не выражен или выражен фрагментарно, ниже 10 см происходит, напротив, уменьшение этого показателя, что связано со спецификой органофиля подзолистой почвы, в котором органическое вещество сосредоточено главным образом в подстилке и самой верхней части минерального профиля. Повышение содержания органического вещества в верхних слоях старопашотной толщи на первом этапе (травяные экосистемы), видимо, связано с преобразованием дернины, возникшей на стадии залежи, на более поздних – поступлением листового опада древесного яруса. В отличие от сукцессии в «сенокосном» ряду, довольно быстро происходит рост древостоя, причем на той стадии, когда еще не началось существенное уменьшение продуктивности травяного яруса. Более отчетливая динамика содержания углерода в старопашотной толще свойственна ряду, соответствующему зарастающей пашне, что связано с рядом причин. Во-первых, освоенная песчаная почва более существенно отличается от целинной песчаной почвы в плане органофиля, чем освоенная суглинистая от целинной суглинистой [23], и, как следствие, выше градиент физико-химических и химических свойств, в соответствии с которым освоенная почва, выведенная из использования будет приходить в равновесие с факторами почвообразования – в частности, в целинной подзолистой песчаной почве отсутствует хорошо выраженный гумусово-аккумулятивный горизонт и органическое вещество в основном сконцентрировано в лесной подстилке, чего нельзя сказать о целинной дерново-подзолистой суглинистой почве. Во-вторых, почва, соответствующая зарастающему сенокосу, была распашана давно и долго была под влиянием многолетних трав, т.е. не было стадии «рудерального всплеска», благодаря которой временно увеличивается поступление органического вещества, азота и зольных элементов с травяным опадом.

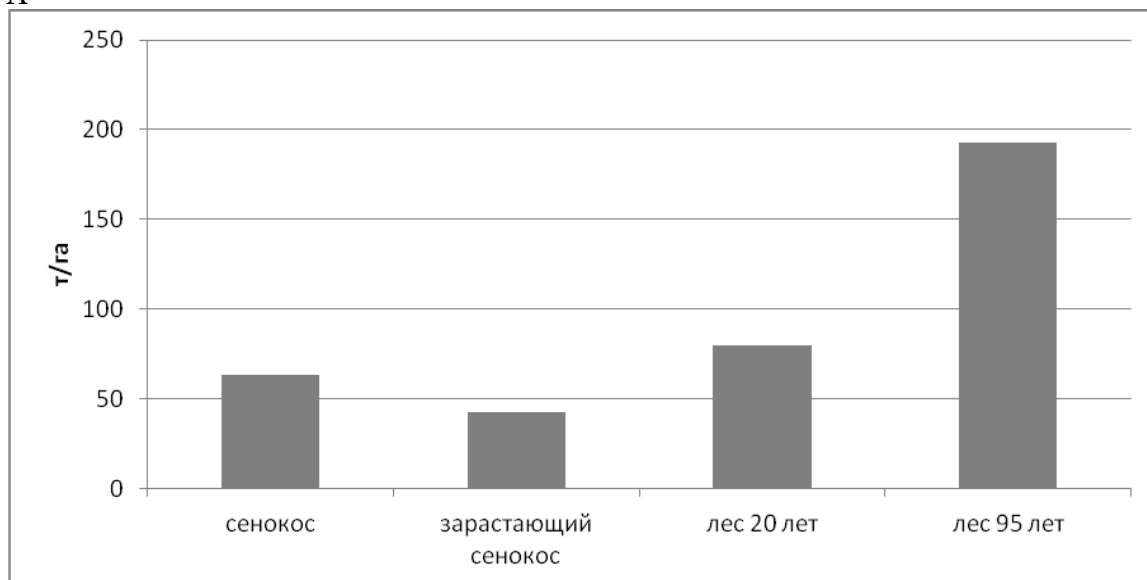
Похожая тенденция наблюдается и для запасов углерода в слое 0–30 см (не считая лесной подстилки). При зарастании пашни запасы углерода постепенно увеличиваются, достигая максимального значения в почве 40-летнего мелколиственного леса более чем в 2 раза, тогда как в почве 100-летнего леса снова уменьшаются почти на 20 т/га. При зарастании сенокоса через 13 лет после прекращения сенокосения запасы углерода в старопашотной толще уменьшаются с 50 до 30 т/га, а затем по мере лесовосстановления

увеличиваются, достигая максимального значения в дерново-подзолистой почве 95-летнего леса. Если такое различие динамики запасов углерода в двух хронорядках на ранних стадиях связано с характером сельскохозяйственного использования, то на поздних стадиях – с нативными свойствами почв, в частности гранулометрическим составом и особенностями органофилия.

В течении лесовосстановления как по сенокосу, так и по пашне, общий запас углерода в экосистеме увеличивается (рис. 6), главным образом за счет прироста многолетних частей древостоя. При этом запас углерода в экосистеме 100-летнего леса превышает соответствующий показатель в экосистеме пашни примерно в 5 раз, тогда как запас углерода в 95-летнем лесу превышает запас углерода в экосистеме сенокосного луга менее чем в 4 раза, т.е. депонирование углерода более интенсивно происходит при зарастании пашни, образованной на месте подзолистой почвы, чем при зарастании сенокосного угодья, образованного на дерново-подзолистой почве.



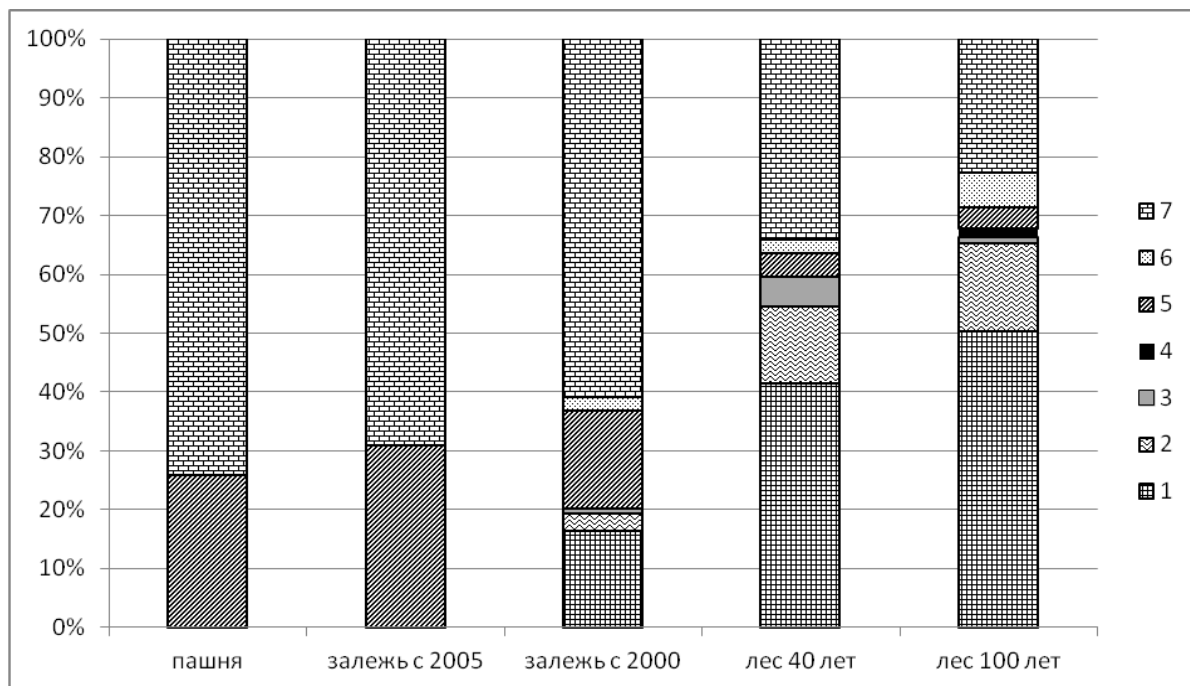
А



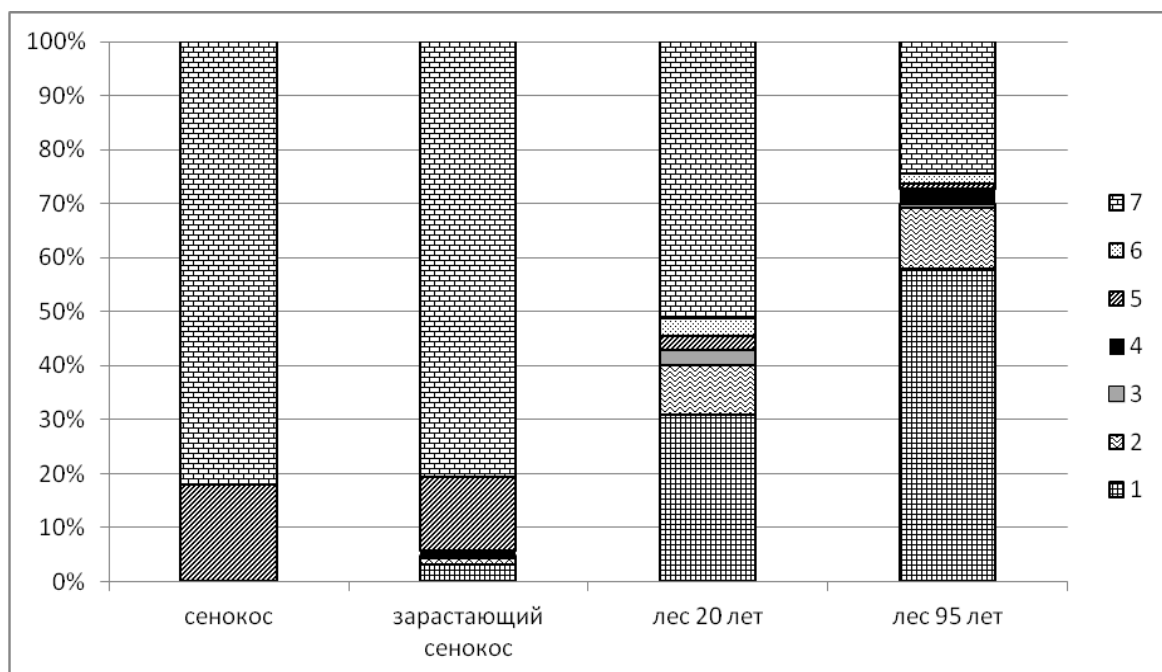
Б

Рис. 6. Динамика общих запасов углерода экосистемы в ходе лесовосстановления по пашне (А) и сенокосу (Б). Стадии сукцессии на зарастающей пашне: 1 – пашня, 2 – залежь с 2005 г., 3 – залежь с 2000 г., 4 – лес 40 лет, 5 – лес 100 лет. Стадии сукцессии на зарастающем сенокосе: 1 – сенокос, 2 – зарастающий сенокос, 3 – лес 20 лет, 4 – лес 95 лет

Через 13 лет после прекращения сенокосения общий запас углерода не увеличивается, а несколько уменьшается – за счет почвенного углерода – даже, несмотря на появление древостоя, который сам по себе является стоком углерода. В залежных экосистемах лесной зоны углерод накапливается не столько в почве, сколько в многолетних фракциях растительного покрова [42; 43]. В данной работе авторы учитывали следующие компоненты экосистемы, содержащие углерод (рис 7): 1 – надземная многолетняя часть древостоя (стволы и ветви); 2 – корни деревьев; 3 – листва мелколиственных пород; 4 – хвоя; 5 – травяно-кустарничковый ярус; 6 – лесная подстилка; 7 – почва на глубине 0-30 см.



А



Б

Рис. 7. Соотношение запасов углерода в разных компонентах постагрогенных экосистем. А – зарастающая пашня. Б – зарастающий сенокос

По мере лесовосстановления, происходящего по пашне, уменьшается доля почвенного углерода в общем запасе углерода экосистемы – лишь в 40-летнем лесу углерод почвы составляет менее 40 %, а в 100-летнем лесу – около 20 %. Запас углерода, сосредоточенного в травяном ярусе и листве мелколиственных деревьев, т.е. наиболее лабильный углерод, непосредственно участвующий в круговороте, составляет до 30 % на первых двух стадиях, но практически сходит на нет в лесных экосистемах, особенно в смешанных лесах 95 и 100 лет (менее 10 %). Доля углерода, выведенного из круговорота на много лет (многолетние части деревьев), составляет в 40-летнем лесу 50 %, а в 100-летнем – почти 70 %. Динамика соотношения углерода в разных блоках экосистемы при зарастании сенокоса в целом такая же, но роль лесной подстилки в общем запасе гораздо меньше, тогда как роль углерода минеральной части почвы, напротив, более существенна. Таким образом, основной запас углерода в травяных экосистемах (пашня, сенокосный луг, молодые залежи) сосредоточен в гумусе почвы (до 80 % от общего запаса углерода), но по мере лесовосстановления ведущая роль переходит к депонированному углероду многолетних частей растений. В результате количество углерода почвенного гумуса, абсолютно возрастающая в ходе сукцессии, относительно уменьшается.

### **Выводы**

1. В ходе постагрогенного лесовосстановления общая биомасса в фитоценозах увеличивается за счет возобновления древостоя. Скорость роста биомассы древостоя существенно выше при зарастании пашни, нежели при зарастании лесом сенокосного луга. Биомасса травяно-кустарничкового яруса в течение сукцессии, напротив, уменьшается.

2. При зарастании сенокоса суммарный запас азота и зольных элементов в легкоразлагаемом опаде сокращается почти вдвое через 10–13 лет после прекращения сенокосения по причине уменьшения продуктивности травостоя; при зарастании пашни запас азота и зольных элементов имеет два максимума – до 150 г/м<sup>2</sup> на молодой залежи (7–8 лет) и почти до 200 г/м<sup>2</sup> в молодых лесных сообществах в возрасте 35–40 лет.

3. По мере лесовосстановления наблюдается увеличение запасов подстилки и усложнение ее строения. Степень увеличения кислотности и уменьшения зольности в ходе сукцессии определяется характером возобновляющейся растительности, особенно напочвенным покровом.

4. При зарастании пашни лесом имеет место четкое увеличение содержания органического углерода на глубине 0–10 и 10–20 см, а также запасов углерода в слое 0–30 см. Зарастание сенокоса сопровождается существенным уменьшением содержания (на глубине 0–10 см) и запасов углерода на самых ранних стадиях постагрогенной сукцессии и некоторым последующим его возрастанием. Особенности постагрогенной динамики содержания и запасов органического углерода почвы определяется историей освоения почвы, особенностями смены растительности, а также нативными свойствами почвы, в частности, гранулометрическим составом.

5. Общий запас углерода в экосистемах возрастает в ходе постагрогенного естественного лесовосстановления, главным образом за счет многолетних частей древостоя. Доля почвенного углерода, напротив, уменьшается несмотря на абсолютный рост. Особенно отчетливо депонирование углерода происходит при лесовосстановлении по паше на легкой почве.

### **Примечания:**

1. Агропромышленный комплекс России. М.: МСХ РФ, 1999. 521 с.
2. Агропромышленный комплекс России. М., 2001.
3. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
4. Баранова О.Ю., Номеров Г.Б., Строганова М.Н. Изменение свойств пахотных дерново-подзолистых почв при зарастании лесом // Почвообразование в лесных биогеоценозах. М., 1989.
5. Скворцова Е.Б., Баранова О.Ю., Нумеров Г.Б. Изменение микростроения почв при зарастании пашни лесом // Почвоведение. 1987. №9. С.101-109.

6. Ахмалишев К.Б. Влияние земледельческого освоения на свойства дерново-подзолистых суглинистых почв современных лесов. Автореф. дис... канд. с.х. н. М., 2007. 27 с.
7. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Чернов Д.В. Изменение гумусового состояния дерново-подзолистой почве при прекращении антропогенного воздействия // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. №6. С. 26-28.
8. Курганова И.Н., Ермолаев А.М., Лопес де Гереню В.О. и др. Потоки и пулы углерода в залежных землях Подмосковья // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв: Сб. научных трудов / Под ред. В.Н. Кудеярова. М.: Наука, 2006. С. 271-284.
9. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Розанова Л.Н. и др. Многолетний мониторинг эмиссии CO<sub>2</sub> из дерново-подзолистой почвы: анализ влияния гидротермических условий и землепользования // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Прод. издание, Т. XXI. С-Пб: Гидрометеиздат, 2007. С. 23-44.
10. Falkengen-Grerup U., ten Brink D.-J., Brunet J. Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40-80 years of forest growth an agricultural soils // Forest Ecol. Manag. 2005. V. 225. P. 74-81.
11. Hooker T.D., Compton J.E. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment // Ecol. Appl. 2003. V. 13. N 2. P. 299-313.
12. Morris S.J., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E.A. Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils // Glob. Chang. Biol. 2007. V. 13. P. 1145-1156.
13. Paul E.A., Morris S.J., Six J., Paustian K., Gregorich E.G. Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural and afforested soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 2003. V. 67. P. 1620-1628.
14. Smal H., Olszewska M. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus // Plant Soil. 2008. V. 305. P. 171-187.
15. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest Ecol. Manag. 2002. V. 169. P. 137-147.
16. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Luise Giant. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern Taiga of Russia: Soil Development, nutrient status, and carbon dynamics. // Geoderma, v. 152, 2009.
17. Гузэль Н.И. Изменения почвенного покрова при зарастании бывших сельскохозяйственных земель на Карельском перешейке // Материалы по изучению русских почв. 1999, № 1.
18. Чернов Д.В., Кириллов Д.В. Содержание и запасы гумуса в дерново-подзолистых суглинистых залежных почвах // Гумус и почвообразование. СПб., 1997.
19. Ширшова Л.Т., Ермолаев А.М. Особенности гумусонакопления при залужении серой лесной почвы с/х использования // Журнал общей биологии, 1990, том 51, № 5.
20. Фомина А.С. Интенсивность протекания элементарных почвообразовательных процессов в дерново-подзолистой песчаной почве и пути дальнейшего использования залежных земель // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2009, № 13. С. 11-15.
21. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Плылова И.А. Изменение состава растительного покрова, морфологического строения почвенного профиля, содержания и запасов гумуса в окультуренной дерново-подзолистой глееватой суглинистой почве в процессе постагрогенной эволюции // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2011, № 22. С. 74-77.
22. Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А. Динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги // Почвоведение, 2014, № 12. С. 1426-1435.
23. Матинян Н.Н., Бахметова К.А., Алексеев С.С. постагрогенная трансформация почв, сформированных на контрастных по гранулометрическому составу породах // Гумус и почвообразование. С. Петербург – Пушкин, 2007. С. 52-60.
24. Курганова И.Н., Кудеяров В.Н. Оценка потоков диоксида углерода из почв таежной зоны России. // Почвоведение, 1998, № 9.
25. Замолотчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение, 2011, № 6. С. 12-28.
26. Гульбе А.Я. Процесс формирования молодняков древесных пород на залежи в южной тайге. Автореф. дис. .... к.б.н. М., 2009. 22 с.
27. Yamamoto Y. Succession and various vegetation of grassland // Grassland Sc., 2001, Vol.47, № 4.

28. Questad E.R., Bryan L. Coexistence through spatio-temporal heterogeneity and species sorting in grassland plant communities // *Ecology Letters*, 2008, v. 11, N 7, p. 717-726.
29. Огуреева Г.Н. Ботанико-географическое районирование СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 76 с.
30. Большов С.И., Фузеина Ю.Н. Физико-географические условия Костромского Заволжья. Геолого-геоморфологическое устройство // *Костромское Заволжье: природа и человек*. М., 2001. С. 36–60.
31. Классификация и диагностика почв России. Смоленск. Ойкумене, 2004. 341 с.
32. Замолотчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // *Лесоведение*. 1998. № 3. С. 84–93.
33. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу. М., 1970. 487 с.
34. Курманская А.В. Изменение фитомассы растительных сообществ при пастбищном и сенокосном использовании // *Вопросы сельского хозяйства. Международный сборник научных трудов*. Калининград, Изд. КГТУ, 2004. с. 271-275.
35. Морозов А.М., Залесов С. Особенности лесообразовательного процесса на пашне и сенокосе // *Агро XXI*, 2008, № 7-9. С. 40-42.
36. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М., Мысль, 1978. 181 с.
37. Богатырев Л.Г. Свентицкий И.А.; Шарафутдинов Р.Н.; Степанов А.А. Лесные подстилки и диагностика современной направленности гумусообразования в различных географических зонах // *Почвоведение*. 1998. N 7. С. 864-875.
38. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // *Почвоведение*. 1990. № 3. С. 118-127.
39. Ларионова А.А., Ермолаев А.М., Никитишен В.И., Лопес де Гереню В.О., Евдокимов И.В. Баланс углерода в пахотных серых лесных почвах при разных способах сельскохозяйственного использования // *Почвоведение*, 2009, № 2. С. 1464-1474.
40. Владыченский А.С., Телеснина В.М., Иванько М.В. Изменение некоторых свойств таежных почв при прекращении их сельскохозяйственного использования (на примере Костромской области) // *Электронный научный журнал «Доклады по экологическому почвоведению»*, 2006, № 3.
41. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М., Бочарникова Е.О., Стольникова Е.В. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) // *Почвоведение*. 2009. № 9. с. 1108-1116.
42. Collins H. P., Elliot E. T., Paustian K, Bundy L. G., Dick W. A., Huggins D. R., Smucker A. J. M., Paul E. A. Soil carbon pools and fluxes in long-term corn belt agroecosystems // *Soil Biology and Biochem.* 2000. V. 32. P. 157-168.
43. Vuichard N., Ciais P., Belelli L., Smith P., Valentini R. Carbon sequestration due to the abandonment of agriculture in the former USSR since 1990 // *Global Biogeochem. Cycles*. 2008. V. 22.

#### References:

1. *Agropromyshlennyj kompleks Rossii (Agricultural complex of Russia)*. Moscow: MSKH RF, 1999. 521 pp.
2. *Agropromyshlennyj kompleks Rossii (Agricultural complex of Russia)*. Moscow, 2001.
3. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. *Dinamika sel'skohozyaystvennyh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'no-sti i pochv (Dynamic of agricultural lands in Russia in XX century and post-agrogenic regenerating vegetation and soils)*, Moscow, GEOS, 2010, 416 pp.
4. Baranova O.Yu., Nomerov G.B., Stroganova M.N. *Izmenenie svoystv pahotnyh dernovo-podzolistyh pochv pri zarastanii ih lesom (Change of arable soddy-podzolic soils properties by forest overgrowing)*, In: *Pochvoobrazovanie v lesnyh biogeotsenozah*, Moscow, 1989. pp. 60-78.
5. Skvortsova E.B., Baranova O.Yu., Nomerov G.B. *Izmenenie mikrostroeniya pochv pri zarastanii pashni lesom (Changes in soil microstructure due to arable land overgrowing)*// *Pochvovedenie*. 1987. N 9. pp. 101-109.
6. Akhmalishev K.B. *Vliyanie zemledel'cheskogo osvoeniya na svoystva dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv sovremennykh lesov. Avtoref. dis... kand. s. kh. n (Influencing agriculture reclamation on soddy-podzolic sandy-loam soils in forests. Candidat's sci. thesis)*. Moscow, 2007. 27 pp.



7. Litvinovich A.V., Pavlova O.Yu., Chernov D.V. *Izmenenie gumusovogo sostoyaniya dernovo-podzolistoj pochve pri prekrashhenii antropogennogo vozdejstviya (Changes in humus condition of soddy-podzolic soils after excluding from agriculture)* // *Doklady Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk*. 2002. N 6. pp. 26-28.
8. Kurganova I.N., Ermolaev A.M., Lopes de Gerenyu V.O. *Potoki i puly ugleroda v zaleznykh zemlyakh Podmoskov'ya (Flows and stocks of carbon in neglected lands of Moscow region)* // *Pochvennye protsessy i prostranstvenno-vremennaya organizatsiya pochv: Sb. nauchnykh trudov / Pod red. V.N. Kudryarova (Soil processes and space-time soil organization: Science sourcebook, edition by V.N. Kudryarov)*. M.: Nauka, 2006. pp. 271-284.
9. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Rozanova L.N. *Mnogoletnij monitoring ehmissii SO<sub>2</sub> iz dernovo-podzolistoj pochvy: analiz vliyaniya gidrotermicheskikh uslovij i zemlepol'zovaniya (Perennial monitoring SO<sub>2</sub> emission from soddy-podzolic soil: analysis of influencing hydrothermal conditions and land using)* // *Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem (Problems of ecological monitoring and ecosystem modelling)*. Prod. izdanie, T. KHKHI. St-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2007. pp. 23-44.
10. Falkengen-Grerup U., ten Brink D-J., Brunet J. *Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40-80 years of forest growth an agricultural soils* // *Forest Ecol. Manag.* 2005. V. 225. pp. 74-81.
11. Hooker T.D., Compton J.E. *Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment* // *Ecol. Appl.* 2003. V. 13. N 2. pp. 299-313.
12. Morris S.J., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E.A. *Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils* // *Glob. Chang. Biol.* 2007. V. 13. pp. 1145-1156.
13. Paul E.A., Morris S.J., Six J., Paustian K., Gregorich E.G. *Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural and afforested soils* // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2003. V. 67. pp. 1620-1628.
14. Smal H., Olszewska M. *The effect of afforestation with Scots pine (Pinus silvestris L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus* // *Plant Soil*. 2008. V. 305. pp. 171-187.
15. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. *Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land* // *Forest Ecol. Manag.* 2002. V. 169. pp. 137-147.
16. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Luise Giant. *Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern Taiga of Russia: Soil Development, nutrient status, and carbon dynamics.* // *Geoderma*, v. 152, 2009.
17. Guzehl' N.I. *Izmeneniya pochvennogo pokrova pri zarastanii byvshikh sel'skokhozyajstvennykh zemel' na Karel'skom pereshejke (Changes in soil cover due to overgrowing post-agricultured lands on Karelia Neck)* // *Materialy po izucheniyu russkikh pochv (Russian soils investigations)*, 1999, № 1.
18. Chernov D.V., Kirillov D.V. *Soderzhanie i zapasy gumusa v dernovo-podzolistykh suglinistykh zaleznykh pochvakh (Content and stock of humus in soddy-podzolic sandy-loam soils of neglected lands)* // *Gumus i pochvoobrazovanie (Humus and soil forming)*, St-Petersburg, 1997.
19. SHirshova L.T., Ermolaev A.M. *Osobennosti gumusonakopleniya pri zaluzhenii seroj lesnoj pochvy s/kh ispol'zovaniya (Particularities of humus accumulation due to meadow-formation on agricultural) grey forest soil* // *ZHurnal obshhej biologii*, 1990, v. 51, № 5.
20. Fomina A.S. *Intensivnost' protekaniya ehlementarnykh pochvoobrazovatel'nykh protsessov v dernovo-podzolistoj peschanoj pochve i puti dal'nejshego ispol'zovaniya zaleznykh zemel' (Intensity of elementary soil forming processes in soddy-podzolic sandy soils and the ways of using neglected lands)* // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, N 13. pp. 11-15.
21. Litvinovich A.V., Pavlova O.YU., Plylova I.A. *Izmenenie sostava rastitel'nogo pokrova, morfologicheskogo stroeniya pochvennogo profilya, soderzhaniya i zapasov gumusa v okul'turennoj dernovo-podzolistoj gleevatoj suglinistoj pochve v protsesse postagrogennoj ehvolyutsii (Changes in vegetation cover composition, morphology structure of profile, content and stock of humus in soddy-podzolic clay soil due to post-agrogenic evolution)* // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, N 22. pp. 74-77.
22. Ryzhova I.M., Erokhova A.A., Podvezennaya M.A. *Dinamika i struktura zapasov ugleroda v postagrogennykh ehkosistemakh yuzhnoj tajgi (Dynamic and structure of carbon in post-agrogenic south taiga ecosystems)* // *Pochvovedenie*, 2014, N 12. pp. 1426-1435.
23. Matinyan N.N., Bakhmetova K.A., Alekseev S.S. *Postagrogennaya transformatsiya pochv, sformirovannykh na kontrastnykh po granulometricheskomu sostavu porodakh (Post-agrogenic*

transformation of soils, formed on parent materials, contrast in texture // *Gumus i pochvoobrazovanie (Humus and soil formation)*, St. Petersburg – Pushkin, 2007. pp. 52-60.

24. Kurganova I.N., Kudayarov V.N. Otsenka potokov dioksida ugleroda iz pochv taezhnoj zony Rossii (Estimation of carbon dioxide flow from Russian taiga soils) // *Pochvovedenie*, 1998, N 9.

25. Zamolodchikov D.G., Grabovskij V.I., Kraev G.N. Dinamika byudzheta ugleroda lesov Rossii za dva poslednikh desyatiletija (Dynamic of carbon budget in Russian forests by two last decades) // *Lesovedenie*, 2011, N 6. pp. 12-28.

26. Gul'be A.Ya. Protsess formirovaniya molodnyakov drevesnyh porod na zalezhi v yuzhnoy tayge (Young forests formation on neglected territories of south taiga), Avtoref. dis. .... k. b. n. (Extended abstract of candidate's thesis), Moscow, 2009, 22 pp.

27. Yamamoto Y. Succession and various vegetation of grassland // *Grassland Sc.*, 2001, V.47, N 4.

28. Questad E.R., Bryan L. Coexistence through spatio-temporal heterogeneity and species sorting in grassland plant communities // *Ecology Letters*, 2008, v. 11, N 7, pp. 717-726.

29. Ogureeva G.N. Botaniko-geograficheskoe rayonirovanie SSSR (Botanic-geographic zonation of USSR), Moscow, Izdatelstvo MGU, 1991, 76 pp.

30. Bolysov S.I., Fuzeina Yu.N. Fiziko-geograficheskie usloviya Kostromskogo Zavolzh'ya. Geologo-geomorfologicheskoe ustroystvo (Physical-geographical conditions of Trans-Volga Kostroma region. Geological and geomorphological structure), In: *Kostromskoe Zavolzh'e: priroda i chelovek (Trans-Volga Kostroma region: nature and population)*, Moscow, 2001, pp. 36-60.

31. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii (Classification and diagnostics of Russia soils), Smolensk, Oykumene, 2004, 341 pp.

32. Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Korovin G.N. Opreделение zapasov ugleroda po zavisimym ot vozrasta nasazhdeniy konversionno-obemnym koeffitsientam (Determination of carbon deposit by forest stand age-dependent conversing-volume coefficients), *Lesovedenie*, 1998, N 3, pp. 84-93.

33. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu (Chemical analysis instruction) Moscow, 1970, 487 pp.

34. Kurmanskaya A.V. Izmenenie fitomassy rastitel'nykh soobshhestv pri pastbishhnom i senokosnom ispol'zovanii (Changes of phytomass in plant communities due to pasture and hayfield using) // *Voprosy sel'skogo khozyajstva. Mezhdunarodnyj sbornik nauchnykh trudov (Agricultural problems. International sourcebook of Science works)*. Kaliningrad, Izd. KGTU, 2004. pp. 271-275.

35. Morozov A.M., Zalesov S. Osobennosti lesoobrazovatel'nogo protsessa na pashne i senokose (Particularities of forest-formation process on arable land and hayfield), *Agro XXI*, 2008, N 7-9, pp. 40-42.

36. Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonah (Methods of studying biological cycling in different natural zones), Moscow, Mysl', 1978, 181 pp.

37. Bogatyrev L.G. Sventitskij I.A.; SHarafutdinov R.N.; Stepanov A.A. Lesnye podstilki i diagnostika sovremennoj napravlenosti gumusoobrazovaniya v razlichnykh geograficheskikh zonakh (Forest litters diagnostics of humus formation in different geographical zones) // *Pochvovedenie*. 1998. N 7. pp. 864-875.

38. Bogatyrev L.G. O klassifikatsii lesnykh podstilk (About litters classification), *Pochvovedenie*, 1990, N 3, pp. 118-127.

39. Larionova A.A., Ermolaev A.M., Nikitishen V.I., Lopes de Gerenyu V.O., Evdokimov I.V. Balans ugleroda v pahotnykh serykh lesnykh pochvah pri raznykh sposobakh sel'skokozyajstvennogo ispol'zovaniya (Carbon balance in arable grey forest soils by different methods of agricultural using), *Pochvovedenie*, 2009, N 2, pp. 1464-1474.

40. Vladychenskij A.S., Telesnina V.M., Ivan'ko M.V. Izmenenie nekotorykh svojstv taezhnykh pochv pri prekrashhenii ikh sel'skokhozyajstvennogo ispol'zovaniya (na primere Kostromskoj oblasti) (Changes of some taiga soil properties due to stopping agriculture (Kostroma region) // *EHlektronnyj nauchnyj zhurnal «Doklady po ehkologicheskomu pochvovedeniyu»*, 2006, N 3.

41. Anan'eva N.D., Sus'yan E.A., Ryzhova I.M., Bocharnikova E.O., Stol'nikova E.V. Uglerod mikrobnoy biomassy i mikrobnoe productsirovanie dvoukisi ugleroda dernovo-podzolistymi pochvami postagrogennykh biogeotsenozov i korennykh el'nikov yuzhnoy taygi (Kostromskaya oblast') (Microbial biomass carbon and microbial producing carbon dioxide by soddy-podzolic soils of south taiga post-agrogenic biogeocenoses and native spruce forests (Kostroma region)), *Pochvovedenie*, 2009, N 9. pp. 1108-1116.

42. Collins H. P., Elliot E. T., Paustian K., Bundy L. G., Dick W. A., Huggins D. R., Smucker A. J. M., Paul E. A. Soil carbon pools and fluxes in long-term corn belt agroecosystems // Soil Biology and Biochem. 2000. V. 32. pp. 157-168.

43. Vuichard N., Ciais P., Belelli L., Smith P., Valentini R. Carbon sequestration due to the abandonment of agriculture in the former USSR since 1990 // Global Biogeochem. Cycles. 2008. V. 22.

УДК 581.5\*631.41

### **Запасы углерода в почве и растительности постагрогенных экосистем южной тайги (Костромская область)**

<sup>1</sup> Валерия Михайловна Телеснина

<sup>2</sup> Михаил Андреевич Жуков

<sup>1</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, Российская Федерация

Факультет почвоведения

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук

E-mail: vtelesnina@mail.ru

<sup>2</sup> Агентство по системному анализу природных рисков, Российская Федерация

ведущий специалист, кандидат биологических наук

**Аннотация.** Изучены особенности динамики некоторых показателей биологического круговорота и гумусного состояния почвы в ходе постагрогенного естественного лесовосстановления в условиях подзоны южной тайги, связанные с круговоротом углерода в системе почва – растение. В ходе постагрогенного лесовосстановления общая биомасса в фитоценозах увеличивается за счет возобновления древостоя, причем скорость роста биомассы древостоя существенно выше при зарастании пашни, нежели при зарастании сенокосного луга. Общий запас углерода в экосистемах возрастает в ходе постагрогенного естественного лесовосстановления, главным образом за счет многолетних частей древостоя. Доля почвенного углерода, напротив, уменьшается несмотря на абсолютный рост. Особенно отчетливо депонирование углерода происходит при лесовосстановлении по паше на легкой почве. При зарастании пашни лесом имеет место четкое увеличение содержания и запасов органического углерода в старопашотной толще, в то время как при зарастании сенокоса на начальной стадии наблюдается существенное уменьшение этих показателей. Особенности постагрогенной динамики содержания и запасов органического углерода почвы определяется историей освоения почвы, особенностями смены растительности, а также нативными свойствами почвы, в частности, гранулометрическим составом.

**Ключевые слова:** углерод, сукцессия, постагрогенные почвы.

Информационное письмо



Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в Международном конгрессе Евроазиатской Федерации обществ почвоведов «Почвоведение в Международный год почв 2015», который будет проходить в г. Сочи, Россия 19–23 октября 2015 г.

Конгресс посвящен декларированному в 2015 году Генеральной Ассамблеей ООН «Международному году почв». На Конгрессе будут обсуждаться вопросы развития наук о почве, современные проблемы почвоведения и вызовы времени.

Конгресс организуется Евроазиатской Федерацией обществ почвоведов, Российским обществом почвоведов имени В.В. Докучаева и факультетом почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

Рабочие языки конгресса: английский.

На конгрессе планируется обсуждение фундаментальных, прикладных и методологических вопросов почвоведения и смежных наук на следующих секциях:

- Биология и биохимия почв, здоровье и качество почв;
- Физика, мелиорация, эрозия почв и управление почвами;
- Химия, загрязнение и восстановление почв;
- Плодородие почв, питание растений;
- Генезис, классификация и картирование почв. Геостатистика, ГИС и дистанционные методы.

Планируется работа двух Рабочих совещаний:

- «Современное состояние черноземов»
- «Продовольственная безопасность и деградация почв».

Для участия в работе Конгресса необходимо зарегистрироваться на сайте Конгресса <http://www.soil2015.com>. На сайте можно ознакомиться с программой конгресса, рабочих совещаний и экскурсий; условиями проживания, оплаты регистрационного взноса, публикации тезисов докладов и статей, программами заседаний.

По всем вопросам пишите нам, отправляйте тезисы и статьи по адресу:

sochy.soil2015@yandex.ru