



# Biogeosystem Technique

Journal is being issued since 2014.  
ISSN 2409-3386, E-ISSN 2413-7316  
2017. 4(2). Issued 2 times a year

## EDITORIAL BOARD

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

**Ghazaryan Karen** – Yerevan State University, Yerevan, Armenia (Deputy Editor in Chief)

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

**Elizbarashvili Elizbar** – Iakob Gogebashvili Telavi State University, Telavi, Georgia

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

**Lisetsky Fedor** – Belgorod State University, Russian Federation

**Minkina Tatiana** – Southern Federal University, Russian Federation

**Okolelova Alla** – Volgograd State Technical University, Russian Federation

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

**Surai Peter** – Feed-Food.ltd, Scotland, UK

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

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: 1367/4, Stara Vajnorska str.,  
Bratislava, Slovakia, Nove Mesto, 831 04

Release date 25.12.2017.  
Format 21 × 29,7/4.

Website: <http://ejournal19.com/en/index.html>  
E-mail: [evr2010@rambler.ru](mailto:evr2010@rambler.ru)

Headset Georgia.

Founder and Editor: Academic Publishing  
House Researcher s.r.o.

Order № B-12.

# Biogeosystem Technique

2017

Is. 2

C O N T E N T S

**Relevant Topic**

Bioethics: Reincarnation of Natural Philosophy in Modern Science V.T. Cheshko, V.I. Glazko, Y.V. Kosova .....	111
--	-----

**Articles and Statements**

The Study of the Combined Effect of Soil Properties on the Rate of Diffusion of <sup>60</sup> Co V.S. Anisimov, D.V. Dikarev, V.V. Ivanov, T.V. Perevolotskaya, L.N. Anisimova, I.V. Kochetkov, A.V. Tomson, L.I. Ratnikova, A.I. Sanzharov .....	122
---	-----

“MALDI-FLIP-on-a-chip” and “MALDI-FRAP-on-a-flap”: Novel Techniques for Soil Microbiology and Environmental Biogeochemistry. I – MALDI Chip Fingerprinting (Invited Paper) A.G. Jablokow, A.A. Skrynnik, F.K. Orekhov, P.A. Nasirov, O.V. Gradov .....	140
---	-----

Composition of the Middle Amur Ice Cores after Catastrophic Flooding in 2013 G.V. Kharitonova, V.I. Kim, A.S. Stenina, V.P. Shesterkin, N.S. Konovalova .....	189
--	-----

Peculiarities of Soils on the Sand Bar of the Evpatoria Group of Lakes F.N. Lisetskii .....	207
--	-----

Soil Fertility in Agriculture: Russia – Western Europe – USA: in the Past and Today J.D. Van Mansvelt .....	220
--	-----

**Reviews of the Conferences on Agro-ecology**

In retrospect. The 1 <sup>st</sup> Conference on Organic Agriculture, of the Russian Academy of Sciences, and the All-Russian Research Institute of Phytopathology, in the Skolkovo Innovation Center, August 9–12, 2016 J.D. Van Mansvelt .....	232
---	-----

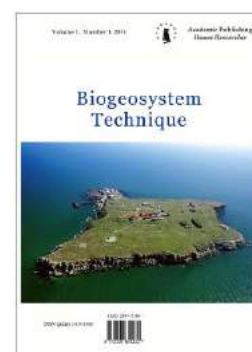
International Scientific and Practical Conference: "Problems of Ecology and Agriculture in the 21 <sup>st</sup> Century", dedicated to the 130 <sup>th</sup> Anniversary of N.I. Vavilov S.K. Temirbekova .....	237
---	-----

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 111-121

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.111  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## Relevant Topic

### Bioethics: Reincarnation of Natural Philosophy in Modern Science

Valentin T. Cheshko <sup>a, \*</sup>, Valery I. Glazko <sup>b</sup>, Yulia V. Kosova <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Kharkiv National University of Economics named after S. Kuznets, Ukraine

<sup>b</sup> Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev – MSAU, Russian Federation

#### Abstract

The theory of evolution of complex and comprising of human systems and algorithm for its constructing are the synthesis of evolutionary epistemology, philosophical anthropology and concrete scientific empirical basis in modern (transdisciplinary) science. «Trans-disciplinary» in the context is interpreted as a completely new epistemological situation, which is fraught with the initiation of a civilizational crisis. Philosophy and ideology of technogenic civilization is based on the possibility of unambiguous demarcation of public value and descriptive scientific discourses (1), and the object and subject of the cognitive process (2). Both of these attributes are no longer valid. For mass, everyday consciousness and institutional philosophical tradition it is intuitively obvious that having the ability to control the evolutionary process, Homo sapiens came close to the borders of their own biological and cultural identity. The spontaneous coevolutionary process of interaction between the «subject» (rational living organisms) and the «object» (material world), is the teleological trend of the movement towards the complete rationalization of the World as It Is, its merger with the World of Due. The stratification of the global evolutionary process into selective and semantic (teleological) coevolutionary and therefore ontologically inseparable components follows. With the entry of anthropogenic civilization into the stage of the information society, firstly, the post-academic phase of the historical evolution of scientific rationality began, the attributes of which are the specific methodology of scientific knowledge, scientific ethos and ontology. Bioethics as a phenomenon of intellectual culture represents a natural philosophical core of modern post-academic (human-dimensional) science, in which the ethical neutrality of scientific theory principle is inapplicable, and elements of public-axiological and scientific-descriptive discourses are integrated into a single logic construction. As result, hermeneutics precedes epistemology not only methodologically, but also meaningfully, and natural philosophy is regaining the status of the backbone of the theory of evolution – in an explicit form.

**Keywords:** bioethics, natural philosophy, post-academic science, gene-technological risk.

#### 1. Introduction

What is the phenomenon of bioethics? The question, in our opinion is by no means trivial, and rhetorical. According to the English version of Wikipedia «**Bioethics** is the study of the typically controversial ethical issues emerging from new situations and possibilities brought about

\* Corresponding author

E-mail addresses: [cheshko@karazin.ua](mailto:cheshko@karazin.ua) (V.T. Cheshko), [vigvalery@gmail.com](mailto:vigvalery@gmail.com) (V.I. Glazko)

by advances in biology and medicine. It is also moral discernment as it relates to medical policy and practice. Bioethicists are concerned with the ethical questions that arise in the relationships among life sciences, biotechnology, medicine, politics, law, and philosophy. It also includes the study of the more commonplace questions of values («ethics of the ordinary») which arise in primary care and other branches of medicine» (<https://en.wikipedia.org/wiki/Bioethics>). According to the Russian version of the same website "Bioethics – the doctrine of the moral side of human activities in medicine and biology" ([Bioetika, 2017 a](#)).

And finally on one of the educational portals bioethics is characterized as "interdisciplinary studies of ethical, philosophical and anthropological problems arising from the progress of biomedical science and the introduction of new technologies in healthcare practice" ([Bioetika, 2017b](#)).

## 2. Methods

So, in the modern mentality the content and the meaning of "bioethics" as a category imply its "hybridity", a synthesis or, at least, a comparison of cognitive-epistemological ("bio-" as a symbol of rational methods of manipulation with living objects), and communicative-ethical ("ethics" as a symbol of good or malicious outcome of such manipulation for human).

Thus, bioethics as a scientific discipline in any case goes beyond the actual ethics – in the sphere of social practice and in the sphere of natural philosophical comprehension of its potential and actual results.

## 3. Discussion

Natural philosophy and theoretical natural science in classical epistemology, i.e., since the times of L. Wittgenstein and Karl Popper, were considered as antagonists, whose paradigms create incompatible logical constructs and whose methodological principles of constructing of explanatory models are also incompatible: natural philosophy describes this world as the result of the realization of a certain personalized rationalistic project (in theological interpretation – "*Intellectual Design*"); positivist and post-positivist epistemology as the actions of the objectified impersonal Laws of Nature ("*Evolution*"). In other words, "*Evolution/Intellectual Design*" is the basic philosophical antinomy of the theory of cognition of the modern era and in the classical science the first member of this logical opposition – *Evolution* – clearly prevailed. At the same time, classical theoretical science, due to the peculiarities of its conceptual and terminological apparatus and the accepted criteria of validity and reliability, was aimed at finding precisely "*natural*" causes of the observed phenomena and processes that do not have an *intellectual* nature. The researcher did not feel satisfied until he excluded the existence of the Creator (not necessarily transcendental, simply the being with the Reason and the intention to transform his own environment) as the reason for the observed facts. That is why all attempts to find evidence of the existence of extraterrestrial civilizations prove to be ineffective.

The logical incompatibility of both paradigmatic concepts stems from the incompatibility of their projective intentions: the first concept (*Intellectual Design*) is focused on getting the answer to the question "What for? For what purpose?", i.e. from the goal-setting causality according to Aristotle; the second concept (*Laws of Nature*) as the basis of reality presupposes the acting causal determination ("How? In what way?"). In other words, in the first case, the basis of the conceptual framework is the intention of goal-setting is realized through the categorical subjectively-projective categorical opposition "Good" *versus* "Evil", in the second case – the instrumental intention is realized through the objectively-descriptive opposition "Truth" *versus* "Delusion".

Thus, both members are the basis of two independent discourses, equally necessary for the sustainable functioning of anthropogenic civilization. In the latter, the first type of discourse dominates in the designation of socially and individually significant activity goals of reality transformation (sociocultural and sociopolitical public discourse), the second type prevails in the development of means (technique) and methods (technology) for the realization of these goals.

For the industrial phase of the development of technogenic civilization in its Western (Transatlantic) variant, a trend for ensuring a clear demarcation of the conceptual fields of imperative-axiological (public) and descriptive-epistemological (scientific) discourses as a necessary prerequisite for its sustainable development is typical. It simultaneously is the basic attribute of classical scientific rationality (the "principle of ethical neutrality of scientific

knowledge") and the classical (industrial) phase of the development of anthropogenic civilization, which is based on the Kantian-Hume methodological dichotomy of "the world of the due" (ethics) and the "world of being" (cognition). According to the modern sociologist and philosopher of science Bruno de Latour, "the two branches of power that both Boyle and Hobbes develop in their turn, have power only if they are clearly separated from each other: the state of Hobbes is powerless without the science of technology, ... Boyle's science is powerless without a strict delimitation of the religious, scientific and political spheres" (Jaryp, 2006: 92).

Everything changed with the transition of the technogenic civilization to the phase of the risk society and bioethics as a social and epistemological phenomenon became the symptom of it. From an epistemological point of view, bioethics is the result of the crossing and subsequent combination of the conceptual fields of metaphysics, epistemology, social and political philosophy, ethics itself, theoretical and clinical medicine, ecology, and theory of law. This combination of disciplinary matrices was explained not only by the peculiarities of the subject matter of bioethics itself, but also by the professional training of specialists who used methodologies and schemes for solving normative problems developed in the relevant disciplines and research areas. At the same time, the connections both logical and institutional between bioethics and the philosophy of science were insignificant, and the author's political beliefs played a huge role in the formation of bioethical theoretical constructs (Lewens, 2015: 1–3).

At this stage, biological facts were the material for assessing and developing of measures of social control. Biological unequal significance of human individuals faced the thesis of their social equality. The latter, in the dominant views of Western mentality of the last quarter of the twentieth century, was focused on the theory of social justice by J.B. Rawls, that postulated the necessity to maintain a constant biological "human nature", with the possibility of moral improvement of "humanity" determined by the culture to maintain social homeostasis (as a key category of the political doctrine of liberalism since the time of Thomas Hobbes). Hence the obvious criterion of ethical admissibility, neutrality or inadmissibility of specific technological manipulations with the concrete biological signs of a human and evolving systems including a human being was derived. It seems obvious at first glance that «opposition to human enhancement does not inadvertently rule out efforts to correct congenital disease by appealing to a distinction between medical interventions that allow natural capacities to flourish and medical interventions that instead override natural capacities» (Lewens, 2015: 3). However, this thesis entails not a biological and not purely ethical, but the actual metaphysical and natural philosophical problem: «which biological facts make it the case that some of the potentially attainable developmental outcomes for a given individual are to count as instances of the individual flourishing, while others are to count as augmentations that go beyond those limits» (Lewens, 2015: 3)? Along with the biological core of the disciplinary matrix, the natural-philosophical core begins to form and their conceptual fields coincide or overlap.

However, with the course of time it turned out that the emergence of the phenomenon of bioethics at first as a social practice (from the mid-1960s) and then as a hybrid (ethical-epistemological) (Stepke, 2016) philosophical paradigm acted simultaneously as a precursor and premise of civilizational transmutation – the transgression of anthropogenic civilization in the phase of "information society". The latter does not accidentally have another name – a "risk society", since it is the NBIC technological complex at its core is the technological schemes of controlled evolution of human and ecosocial systems, where he (human) is the central element.

The general outline of the genesis of this social phenomenon looks as follows:

1. After the Second World War as a result of mental transmutation in the sociocultural discourse of the West, the highest status in the field of value predispositions was occupied by the right and the possibility of personal self-realization (an individual existential project, self-determination of one's social status, image and lifestyle, etc.);
2. At the same time in the natural-scientific discourse (evolutionary theory) a paradigm shift in the concept of a biological species takes place, i.e. a typological concept according to which each species is associated with a prototype (a system of basic signs-attributes of species identity) is replaced by a relativistic (populational) concept claiming that a species is a set of individuals with a common gene pool;
3. The synergistic informational interaction of both discourses leads to a crisis of the concept of natural human rights based on the typological paradigm (human rights are determined

by its belonging to humanity, that is, they are, so to speak, the specific determinant of Homo sapiens) and the assertion of the category of sociocultural and genetic diversity (and "individual existential project" in sociology) as the basic features of humanity in the sociocultural and evolutionary plasticity in the scientific types of discourses. The incorporation of a new conceptual categorical framework into the sociopolitical theory of human rights was made largely due to the great American geneticist and evolutionary of Ukrainian-Russian origin F. Dobzhansky (1956);

4. In connection with the development of biomedical technology in the early 1960s, ethical committees were initially set up in American hospitals (Seattle), the composition of these committees had to reflect the social composition of the population on ethnic, property and religious grounds that had to solve issues related to patients' access to limited biomedical resources (Поттер, 2002: 45–48);

5. In 1970 in a series of works, and then in his book American oncologist Ronceler Van Potter (Поттер, 2002; Potter Van R., 1988) developed the philosophical basis not so much ethical as the global humanitarian problems of technogenic civilization associated with the implementation of biotechnologies, and he was the first who used the term bioethics in the modern sense of the word (first it was used by Fritz Jahr as far back as 1926, but with regard to the problems of using animals in biological studies);

6. The beginning of the development of a genetic engineering toolkit in 1975 led to the declaration of a voluntary moratorium on genetic engineering research and improvement of recombinant DNA technologies; and later to the development of clear rules of biosafety by the Asilomar Conference (USA, California). Since that year, bioethical issues have reached a level of awareness of the existential risk of modern technologies (global bioethics in the Potter's (Potter Van R., 1988) understanding or «ethics of the specie» (Habermas, 2003) of J. Habermas). With the beginning of the third millennium, an era is approaching when the theoretical investigations of biotechnologists have come close to the so-called evolutionary singularity, i.e., to applied development of the construction and improvement of human nature (Human enhancement). The publication of two UNESCO Declarations became the border crossing which resulted in awareness of the global evolutionary consequences of the development of genetic engineering and other High Hume technologies. The first of them is the "Universal Declaration on the Human Genome and Human Rights" (November 11, 1997)" by its Article 1 proclaims (United Nations..., 1998: 41–47): «The human genome underlies the fundamental unity of all members of the human family, as well as the recognition of their inherent dignity and diversity. In a symbolic sense, it is the heritage of humanity». Thus for the first time consciously recognized the interdependence of cultural and biological forms of self-identification rights. The content of the declaration leaves no doubt that technological intrusion in genetic information needs to be controlled by the basic standards of the system of human rights and social institutions. It is implicitly believed that such an intrusion is potentially capable to destroy universal values as the spiritual basis of human civilization. To denote the admissibility of a technologically controlled change in the flow of the evolutionary process in relation to human, in the Declaration we may find the term "human dignity" which is translated into the language of natural scientific description with some difficulties. Subsequently, this trend towards a subjective-humanistic assessment of the results of the objective process of evolution was developed in the Universal Declaration on Bioethics and Human Rights (October 19, 2005) (United Nations..., 2005: 74). Thus, culture has become a factor in evolution, giving the latter a clear integral teleogenicity in accordance with the value priorities and despite the original objective spontaneity.

Bioethics with a tail of associated conceptual fields (bioprospect, bioeconomics, biohistory, etc.) turned out to be not just the only external rationalized regulator of the process of biological and sociocultural evolution. It became a part of the methodology and theoretical foundation of theoretical natural science, forming a kind of inseparable amalgam of the concepts of humanitarian and scientific discourse (post-nonclassical or post-academic science).

In accordance with the basic principle of modern post academic science with human dimension, a classic example of which are biotechnology and bioethics: scientific theory of complex self-organizing systems, including the carriers of creative intelligence, the theory and algorithm of its construction is necessarily a synthesis of evolutionary epistemology and philosophical anthropology with a specifically scientific empirical base.

In the modern disciplinary matrix of the theory of evolution and systemic ecology (in the "theory of designing of the ecological niche") a single conceptual framework is formed, consisting of three independent theoretical constructs – eco-evo-ethics (Cheshko et al., 2015: 45-50).

In the formal logical aspect, the first two members of this triad relate to descriptive (scientific) discourse, and the latter (ethics) to its sociohumanistic and therefore value antagonist. As a result of the hybrid nature of this construct between the three autonomous modules (due to the proliferation of the terminological apparatus into the interior of the module alien to it) and within each module, logical contradictions are inevitable.

In the content aspect, the members of the above-described complex refer to the influence of modern technologies of controlled evolution on the system of ecological relations between human and his environment (i.e., the medical and hygienic aspect of self-construction of human and human-dimensional eco-systems (biota); The preservation of the self-identity of Homo sapiens in the course of any technological manipulations with his genetic code (i.e. the evolutionary survival of the biological species of Homo sapiens) and the preservation of the socio-cultural identity of human civilization (i.e. basic, "universal" value norms during the implementation of new technological schemes and their indirect or direct influence on the continuity of the socio-cultural tradition).

In any case, such a transdisciplinary concept assumes, firstly, a projective-axiological intention: the initial component of the theory and practice of the technologies of controlled evolution is the ideal image of the future cultural and environmental niche and the "human" (the carrier of reason with his inherent value system priorities as its system-forming component). We call it the humanitarian paradigmatic core; the descriptive paradigmatic core serves as a diagnostic tool for discrepancies between the ideal image of future and reality; applied genetic and socio-engineering developments are the means of elimination of these differences (Чешко, 2012; United Nations..., 2005).

Secondly, the result of evolutionary development of the systems with human dimension (in reality – the Earth and near-Earth space, physically accessible to anthropogenic influence) is the result of the parallel and contraversional or/and conflicting some times (Cuomo, 2017a, 2017b) action of spontaneous Laws of Evolution and the realization of the Intelligent Design. Due to the latter circumstance, the methodology of scientific research should somehow synchronize the methods of classical natural science (physical intelligence) and hermeneutics, based on social (Machiavellianistic) intelligence. In other words, the scientific theory of evolution becomes equally natural philosophy of Nature, since the evolutionary trajectory is determined simultaneously by subjective (evolutionary correctness) and objective (evolutionary efficiency, or inclusive adaptivity) factors. The product of evolution becomes its creator. However, its evolutionary destiny depends not only on the survival of the evolving populations of biological (perhaps, not necessarily – biological) individuals, but also on their Will and Desire to preserve what is considered the basis of their self-identification (humanity). The evolutionary risk of technogenic civilization asymptotically tends to unity.

Let's pay attention to one more circumstance – the three-membered phenomenological structure of the logically not yet crystallized content of natural philosophy of biotechnology (eco-evo-ethics). In our opinion, this is the key to solve the problem of choosing the descriptive-scientific core of this concept (the global bioethics clearly serves as a humanistic one). Such a scheme may prove to be the theoretical model of the three-module stable evolutionary strategy of Homo sapiens.

We assume (Чешко, 2012; Cheshko et al., 2015; Cheshko et al., 2014):

- **Biological adaptations** – encoded in the genome features of the structural and functional organization of the individual, increasing the likelihood of fixation and replication of the fragments of genetic information that determine their emergence;

- **Cultural adaptations** – behavioral stereotypes prevalent in this social group as a result of imitation and communication between individuals and increasing the probability of its (group) survival and growth in the number of fixation and replication of fragments of information that determine their emergence through emotional and symbolic communication;

- **Rationalistic or technological adaptations (innovation)** – the material means and methods of purposeful effective transformation, cognitive and projective activity and common in the social group pieces of information as a result of symbolic communication between

individuals by means of written and spoken language with the use of natural and artificial languages, and the emergence of pieces of information that increase the likelihood of it (the group) survival and growth of the number; fixation and replication of these pieces of information determine the emergence of means and methods of transformation.

The model of the three-module SESH organization includes three informational modules (bio-, culture- and techno-rationalistic), each of which has its own system of generation, coding and inheritance of adaptive information, and three semantic operators (transfer mechanisms) connecting modules with each other, and the semantic connotations of the composition of the members of the coevolutionary bundle change over time. Individual modules of this system are not able to evolve beyond adequate dependencies with the evolution of other modules. This relationship can be dynamic (changing the composition and frequency of the module's elements) and static (changing the relative value of individual elements of the module while maintaining its composition).

Adding the third (techno-rationalistic) element to the original coevolutionary bond genome-culture turns the latter into a triple helix – a self sustaining autonomous cycle of generating systemic complexity. This cycle is organized as an evolutionary fractal. Let's consider the basic features of its constituent elements

Technogenesis as a form and mechanism of adaptation implies the availability of cognitive (semantic, or symbolic) code to the already existing ones – genetic and sociocultural adaptive evolutionary codes. Its feature is the hegemony of an arbitrary system of correlative correspondences between thought forms (interpretants) serving as promoters of adaptively significant behavioral acts, and the corresponding symbols. The presence of interpretants combines the mechanisms of functioning of the socio-cultural and rationalistic component of SESH. The difference between them is precisely in an arbitrary system of coding of adaptive behavioral acts that can change the physical, social or mental reality by increasing or decreasing the individual and/or group adaptability of their carriers.

With certain reservations, one can talk about the evolution of "semantics", "meaning" of genetic-cultural co-evolution and techno-humanitarian balance, most of the pathologies currently widespread in human populations are the consequence of "evolutionary errors", i.e. discrepancy between the environment created as a result of socio-cultural and technological adaptations and a pool of biological adaptations to the different ecological environment that does not correspond to this culture. To this we add an obvious, in our opinion, interethnic cultural and ecological differentiation. The significance of this differentiation with the regard to the coherence of co-evolutionary links between the biological, socio-cultural and techno-rationalistic SESH modules multiplies many times as a result of the formation of "hybrid" socio-ethnic compositions, the integration of emigrants into a new sociocultural adaptive complex, and so on. Naturally, as a result, the "communicative code" which determines the adaptive value of biological, sociocultural and technological elements in their complex essentially changes. Positive adaptive correlations within concrete constellations of elements of culture, technology and genetics are replaced by negative ones, and vice versa.

The system of socio-cultural balances that provide self-identity of *Homo sapiens*, has been very stable, but only until the birth of technologies of directed evolution when ontological antinomy **Evolution versus Intelligent Design** was finally overcome. As a result, the restrictions arising from the limitedness of technological means of transformation of reality, were overcome at least *in potentio*. The only stabilizer of the flow of the global evolutionary process, integrated into the evolutionary strategy of our species (SESH) is the semantic code of humanization/dehumanization, which itself admits considerable stochastic fluctuations, besides it is open to technological interventions, and therefore requires continuous monitoring.

By the end of the twentieth century, in the evolution of the theoretical foundation of bioethics, two seemingly mutually exclusive methodological trends emerged ([Winkler, 1996](#)):

1. Empirical approach ([Engelhardt, 2006](#)), originating from the interpretation and concrete historical studies of the development of theoretical and worldview bases of medicine. The concept of "biopower" by Michel Foucault ([Чемко, 2012](#)). It is assumed the necessity to "contextualize" the solutions of ethical (more precisely, social) problems arising during the implementation of bio- and biomedical technologies as applied to a particular socio-cultural type. This approach means that the suggested solutions are necessarily ad hoc, and can not be generalized. In our model, it



corresponds to the sociocultural adaptations of the society, which ensures its preservation during the "scientific and technological progress".

2. Search for a common meta-theoretical paradigm. R. Van Potter's global bioethics, the perspectives for the creation of which is now widely regarded as unrealistic (Engelhardt, 2006), in our model is equivalent to a systemic sociocultural adaptation ensuring the preservation of the biological and/or sociocultural self-identity of humanity during the implementation of technological schemes of moral and "human enhancement".

The contradiction between both approaches is removed, as we see, within the framework of the "natural-philosophical bioethical project" suggested here, since the adaptive function of bioethics (the preservation of self-identity in the process of technological evolution) is divided into an individual, group and universal level.

The paradox of use of technologies of directed evolution for the improvement of the psycho-emotional, mental and moral spheres of humanity is in their (technologies) trans-module character. Technological fixation or strengthening of the attributes of humanity turns them into species, rather than socio-cultural characteristics, i.e., transfers them from social and cultural to the biological module of SASH. In the terms of social psychology the transfer of the attributes of humanity into the attributes of human nature takes place.

This paradox was defined by Ingmar Persson and Julian Savulescu, who formulated it from transhumanist position, i.e., used it to justify the admissibility of a moral bio improving of human by contradiction (Persson, Savulescu, 2012). However, since its logical core represents philosophical antinomy (1) genetically predetermined *HUMAN NATURE versus HUMANITY* formed by culture (Cheshko et al., 2015) and (2) a biologically reduced *NEEDS versus DESIRES* reduced by culture (Terner, 2008), as well as (3) biological *SEX versus socio-cultural GENDER* etc. ..., actually, this paradox is not solvable in a logic way.

#### 4. Conclusion

With the birth of biomedical and genetic technologies the "change of the dominant purpose" of adaptive technogenesis from spontaneous transformation of "construction of ecological niche" to "environmental engineering" has occurred. The latter term refers to already rationalistic (purposeful) transformation of reality on the basis of the initial knowledge and the a prediction of the future. Such methodological intention is closer to the traditional paradigm of socio-humanitarian sciences than to the natural ones. Beyond the opposition *spontaneous/rational* (Чешко, 2012), or, if you like – antinomy *natural process/intelligent design*, the difference between these two classes of evolutionary phenomena (population and social communities) has no content Hermeneutics of nature from a purely philosophical methodology returns to the natural science of the era of directed evolution in which categories *Truth* and *Misconception* are equal to the opposition of Good and Evil.

The system of value priorities specifies the parameters of the initial situation and the coordinate grid of rational/irrational perception of reality, the goals and methods of transformative activity.

In the information civilization, the core metaphor of modernity ("The world is a clockwork mechanism") was replaced by another – "The Universe is a computer" (Lloyd, 2006). Accordingly, the classical Aristotelian opposition Matter *versus* Form was transformed into the opposition Hard *versus* Soft. Rationality becomes the programming factor of the evolutionary process, building an ideal world of the future by means of the possibilities of material objects (Hard) and in accordance with the a priori intelligent plan-program (Soft). In the disciplinary matrix of bioethics, its axiological core reinterprets the facts relating to biological knowledge solely as humanitarian problems and theoretical constructs that need to be solved – as ways to solve them or the borders of the permissible application of the same methods. Naturally, hermeneutics in this case precedes epistemology not only methodologically, but also meaningfully.

In other words, natural philosophy is regaining the status of the backbone of the theory of evolution – in an explicit form, in contrast to the classical attempts of the evolutionary synthesis of XIX–XX centuries (classical and neodarwinists paradigm). It means that bioethics is exactly a modern version of natural philosophy, in which the elements of public and axiological (social-humanitarian) and descriptive-informative discourses merge into the inseparable amalgam not without internal logical contradictions.

**Литература**

- Латур, 2006** – *Латур Б.* (2006). Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии. М.: Изд. Европей. Ун-та. 240 с.
- Поттер, 2002** – *Поттер В.Р.* (2002). Биоэтика: мост в будущее. Киев: Вадим Карпенко. 216 с.
- Тищенко, 2011** – *Тищенко П.Д.* (2011). На гранях жизни и смерти. Философские основания биоэтики. СПб.: Изд. Дом «Мир». 328 с.
- Чешко, 2012** – *Чешко В.Ф.* (2012). Стабильная адаптивная стратегия Homo sapiens. Биополитические альтернативы. Проблема Бога. Харьков: ИД «ИНЖЭК». 596 с.
- Ashcroft, 2003** – *Ashcroft R.E.* (2003). Constructing empirical bioethics: Foucauldian reflections on the empirical turn in bioethics research // *Health Care Analysis*, Vol. 11, No 1, pp. 3–13.
- Barton, 2014** – *Barton C.M.* (2014). Complexity, Social Complexity, and Modeling // *J Archaeol Method Theory*, Vol. 21, No 2, pp. 306–324.
- Bergandi, 2013** – *Bergandi D. (ed.)* (2013). The Structural Links between Ecology, Evolution and Ethics. The Virtuous Epistemic Circle Series: Boston Studies in the Philosophy and History of Science, 296, Dordrecht: Springer, XV, 179 p., 4 ill.
- Cheshko et al., 2015** – *Cheshko V.T. (ed.), Glazko V.I., Kosovsky G.Yu., Peredyadenko A.S.* (2015). Stable adaptive strategy of Homo sapiens and evolutionary risk of high tech. transdisciplinary essay. М., 252 p.
- Cheshko et al., 2014** – *Cheshko V.T., Ivanitskaya L.V., Kosova Y.V.* (2014). Configuration of Stable Evolutionary Strategy of Homo Sapiens and Evolutionary Risks of Technological Civilization (the Conceptual Model Essay) // *Biogeosystem Technique*, Vol. 1, No 1, pp. 58–69.
- Cuomo, 2017a** – *Cuomo C.J.* Against the Idea of an Anthropocene Epoch: Ethical, Political and Scientific Concerns // *Biogeosystem Technique*, Vol. 4, No 1, pp. 4–8.
- Cuomo, 2017b** – *Cuomo, C.* (2017). 'Anthropocene': An Ethical Crisis, Not a Geological Epoch, *Geophysical Research Abstracts* Vol. 19, EGU2017-17142.
- Dobzhansky, 1956** – *Dobzhansky T.* (1956). The Biological Basis of Human Freedom. N.Y.: Columbia University Press, 139 p.
- Engelhardt, 2006** – *Engelhardt H.T.* (2006). Global Bioethics: The Collapse of Consensus Salem, MA: M & M Scrivener Press, 396 p.
- Habermas, 2003** – *Habermas J.* (2003). The Future of Human Nature. Cambridge: Polity Press, 130 p.
- Kon, 2009** – *Kon A. A.* (2009). The role of empirical research in bioethics // *The American Journal of Bioethics*, Vol. 9, No 6–7, pp. 59–65.
- Lewens, 2015** – *Lewens T.* (2015). The biological foundations of bioethics. OUP Oxford, 222 p.
- Lloyd, 2006** – *Lloyd S.* (2006). Programming the universe: a quantum computer scientist takes on the cosmos. Vintage Books. 256 p.
- Odling-Smee, 2009** – *Odling-Smee J.* (2009). Niche construction in evolution, ecosystems and developmental biology // *Mapping the future of biology*. Dordrecht: Springer, pp. 69–91.
- Persson, Savulescu, 2010** – *Persson I., Savulescu J.* (2010). Moral Transhumanism // *Journal of Medicine and Philosophy*, Vol. 35, No 6, pp. 656–669.
- Persson, Savulescu, 2012** – *Persson I., Savulescu J.* (2012). Unfit for the Future. Oxford: University Press. 143 p.
- Potter Van R., 1988** – *Potter Van R.* (1988). Global Bioethics. Building on the Leopold Legacy, East Lansing: Michigan State University Press. 204 p.
- Sandel, 2009** – *Sandel M.J.* (2009). The case against perfection Harvard: University Press.
- Stepke, 2016** – *Stepke F.L.* (2016). Bioethics as hybrid epistemic culture: a comment to Agazzi // *Bioethics Update*, Vol. 2, No. 1, pp. 8–13.
- Terner, 2008** – *Terner B.S.* (2008). The Body and Society. Explorations in Social Theory. 3rd ed. London, Thousand Oaks, New Delhi, Singapore: SAGE. 286 p.

[United Nations..., 1998](#) – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (1998). Records of the General Conference 33<sup>rd</sup> session Paris, 21 October to 12 November 1997. Vol. 1. Resolutions. Paris. 132 p.

[United Nations..., 2005](#) – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (2005). Records of the General Conference 29<sup>th</sup> session Paris, 3–21 October 2005. Vol. 1. Resolutions. Paris. 226 p.

[Winkler, 1996](#) – *Winkler E.* (1996). Moral philosophy and bioethics: contextualism versus the paradigm theory / W.L. Sumner, J. Boyle (eds.), *Philosophical Perspectives on Bioethics*. Toronto: University of Toronto Press. pp. 50–78.

[Bioetika, 2017a](#) – Bioetika, 2017. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%Bo> Date: 2017-11-16

[Bioetika, 2017b](#) – Bioetika, 2017. URL: <https://iles.school-collection.edu.ru/dlrstore/fbdcf9cb-83b4-b2e6-38ad-97ff7d6590ab/1010365A.htm> Date: 2017-11-16

## References

[Latur, 2006](#) – *Latur B.* (2006). *Novogo Vremeni ne bylo. Esse po simmetrichnoy antropologii*. M.: Izd. Evrop. Un-ta. 240 s.

[Potter, 2002](#) – *Potter R.W.* (2002). *Bietyka – most v budushee*. Kiev: Karpenko.

[Tischenko, 2011](#) – *Tischenko P.D.* (2011). *Na granyah zhizni i smerti: filosofskie osnovaniya bioetiki*. SPb.: Izd. Dom «Mir'». 328 s.

[Cheshko, 2012](#) – *Cheshko V.F.* (2012). *Stabilnaya adaptivnaya strategiya Homo sapiens. Biopoliticheskie alternativyi. Problema Boga*. Kharkiv: ID «INZhEK». 596 s.

[Ashcroft, 2003](#) – *Ashcroft R.E.* (2003). Constructing empirical bioethics: Foucauldian reflections on the empirical turn in bioethics research, *Health Care Analysis*, Vol. 11, No 1, pp. 3–13.

[Barton, 2014](#) – *Barton C.M.* (2014). Complexity, Social Complexity, and Modeling, *J Archaeol Method Theory*, Vol. 21, No 2, pp. 306–324.

[Bergandi, 2013](#) – *Bergandi D. (ed.)* (2013). *The Structural Links between Ecology, Evolution and Ethics. The Virtuous Epistemic Circle Series: Boston Studies in the Philosophy and History of Science*, 296, Dordrecht: Springer, XV, 179 p., 4 ill.

[Cheshko et al., 2015](#) – *Cheshko V.T. (ed.), Glazko V.I., Kosovsky G.Yu., Peredyadenko A.S.* (2015). *Stable adaptive strategy of Homo sapiens and evolutionary risk of high tech. transdisciplinary essay*. M., 252 p.

[Cheshko et al., 2014](#) – *Cheshko V.T., Ivanitskaya L.V., Kosova Y.V.* (2014). Configuration of Stable Evolutionary Strategy of Homo Sapiens and Evolutionary Risks of Technological Civilization (the Conceptual Model Essay), *Biogeosystem Technique*, Vol. 1, No 1, pp. 58–69.

[Cuomo, 2017a](#) – *Cuomo C.J.* Against the Idea of an Anthropocene Epoch: Ethical, Political and Scientific Concerns // *Biogeosystem Technique*, Vol. 4, No 1, pp. 4–8.

[Cuomo, 2017b](#) – *Cuomo, C.* (2017). 'Anthropocene': An Ethical Crisis, Not a Geological Epoch, *Geophysical Research Abstracts* Vol. 19, EGU2017-17142.

[Dobzhansky, 1956](#) – *Dobzhansky T.* (1956). *The Biological Basis of Human Freedom*. N.Y.: Columbia University Press, 139 p.

[Engelhardt, 2006](#) – *Engelhardt H.T.* (2006). *Global Bioethics: The Collapse of Consensus* Salem, MA: M & M Scrivener Press, 396 p.

[Habermas, 2003](#) – *Habermas J.* (2003). *The Future of Human Nature*. Cambridge: Polity Press, 130 p.

[Kon, 2009](#) – *Kon A. A.* (2009). The role of empirical research in bioethics // *The American Journal of Bioethics*, Vol. 9, No 6–7, pp. 59–65.

[Lewens, 2015](#) – *Lewens T.* (2015). *The biological foundations of bioethics*. OUP Oxford, 222 p.

[Lloyd, 2006](#) – *Lloyd S.* (2006). *Programming the universe: a quantum computer scientist takes on the cosmos*. Vintage Books. 256 p.

[Odling-Smee, 2009](#) – *Odling-Smee J.* (2009). Niche construction in evolution, ecosystems and developmental biology, *Mapping the future of biology*. Dordrecht: Springer, pp. 69–91.

- Persson, Savulescu, 2010 – Persson I., Savulescu J. (2010). Moral Transhumanism, *Journal of Medicine and Philosophy*, Vol. 35, No 6, pp. 656–669.
- Persson, Savulescu, 2012 – Persson I., Savulescu J. (2012). *Unfit for the Future*. Oxford: University Press. 143 p.
- Potter Van R., 1988 – Potter Van R. (1988). *Global Bioethics. Building on the Leopold Legacy*, East Lansing: Michigan State University Press. 204 p.
- Sandel, 2009 – Sandel M.J. (2009). *The case against perfection* Harvard: University Press.
- Stepke, 2016 – Stepke F.L. (2016). Bioethics as hybrid epistemic culture: a comment to Agazzi, *Bioethics Update*, Vol. 2, No. 1, pp. 8–13.
- Terner, 2008 – Terner B.S. (2008). *The Body and Society. Explorations in Social Theory*. 3rd ed. London, Thousand Oaks, New Delhi, Singapore: SAGE. 286 p.
- United Nations..., 1998 – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (1998). Records of the General Conference 33<sup>rd</sup> session Paris, 21 October to 12 November 1997. Vol. 1. Resolutions. Paris. 132 p.
- United Nations..., 2005 – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2005). Records of the General Conference 29<sup>th</sup> session Paris, 3–21 October 2005. Vol. 1. Resolutions. Paris. 226 p.
- Winkler, 1996 – Winkler E. (1996). Moral philosophy and bioethics: contextualism versus the paradigm theory / W.L. Sumner, J. Boyle (eds.), *Philosophical Perspectives on Bioethics*. Toronto: University of Toronto Press. pp. 50–78.
- Bioetika, 2017a – Bioetika, 2017. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%Bo> Date: 2017-11-16
- Bioetika, 2017b – Bioetika, 2017. URL: <https://iles.school-collection.edu.ru/dlrstore/fbdcf9cb-83b4-b2e6-38ad-97ff7d6590ab/1010365A.htm>. Date: 2017-11-16

## Биоэтика: реинкарнация натурфилософии в современной науке

Валентин Теодорович Чешко <sup>a, \*</sup>, Валерий Иванович Глазко <sup>b</sup>, Юлия Викторовна Косова <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеца, Украина

<sup>b</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация

**Аннотация.** Теория эволюции сложных, включающих в себя человека, систем и алгоритм ее построения, представляет собой синтез эволюционной эпистемологии, философской антропологии и конкретной научной эмпирической основы современной (трансдисциплинарной) науки. «Транс-дисциплинарность» в этом контексте интерпретируется как совершенно новая эпистемологическая ситуация, которая чревата инициацией цивилизационного кризиса. Философия и идеология техногенной цивилизации основывается на возможности однозначной демаркации публичного ценностного и дескриптивного научных дискурсов (1), и объекта и субъекта познавательного процесса (2). Оба этих атрибута более не действительны. Для массового, повседневного сознания и институциональной философской традиции интуитивно очевидно, что, приобрет способность контролировать эволюционный процесс, Homo sapiens приблизился к границам собственной биологической и культурной идентичности. Спонтанный коэволюционный процесс взаимодействия между «субъектом» (наделенными разумом живыми организмами) и «объектом» (материальным миром), есть целесообразным движением по направлению к полной рационализации Мира Экзистенциального, его слиянием с Миром Должного. Происходит стратификация глобального эволюционного процесса на селективные и семантические (телеологические) коэволюционные и, следовательно, онтологически неразделимые компоненты. Со вступлением техногенной цивилизации в стадию информационного общества, началась пост-академическая фаза

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [cheshko@karazin.ua](mailto:cheshko@karazin.ua) (В.Т. Чешко)

исторической эволюции научной рациональности, атрибутами которой являются специфические методология научного знания, научный этос и онтология. Биоэтика как феномен интеллектуальной культуры представляет собой натурфилософское методологическое ядро современной пост-академической (человеко-размерной) науки, в которой принцип этической нейтральности научной теории оказывается неприменимым, и элементы публичного аксиологического и научного дескриптивного дискурсов интегрируются в единую логическую конструкцию. Как следствие, герменевтика предшествует эпистемологии не только методологически, но и семантически, а натурфилософия восстанавливает статус несущего элемента теории эволюции, и притом – в явном виде.

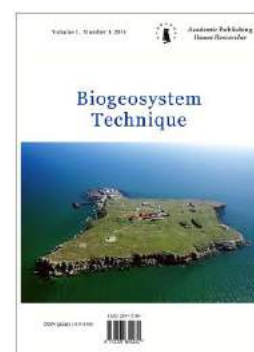
**Ключевые слова:** биоэтика, натурфилософия, пост-академическая наука, генно-технологический риск.

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 122-139

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.122  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## Articles and Statements

### The Study of the Combined Effect of Soil Properties on the Rate of Diffusion of $^{60}\text{Co}$

Vyacheslav S. Anisimov <sup>a, \*</sup>, Dmitry V. Dikarev <sup>a</sup>, Valery V. Ivanov <sup>a</sup>, Tatyana V. Perevolotskaya <sup>a</sup>, Lydia N. Anisimova <sup>a</sup>, Ilya V. Kochetkov <sup>a</sup>, Andrey V. Tomson <sup>a</sup>, Larisa I. Ratnikova <sup>a</sup>, Andrey I. Sanzharov <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Russian Institute of Radiology and Agroecology, Russian Federation

#### Abstract

During the laboratory experiment, devoted to studying of the process of vertical migration  $^{60}\text{Co}$  radionuclide/in water-saturated soil samples of disturbed structure and the same initial bulk density, there were obtained the values of effective diffusion coefficients ( $D_{\text{eff}}^{60}\text{Co}$ ) for 8 different types, species and varieties of soils.

There was noted a significant variability of  $D_{\text{eff}}^{60}\text{Co}$  for investigated soils due to different soil characteristics. To assess this influence a statistical approach has been used, where edaphic factors representing the most important characteristics of the soils acted as independent variables (predictors), and the dependent (resulting) variable was  $D_{\text{eff}}^{60}\text{Co}$ .

Based on the study of the dependence between the main physico-chemical soil properties and the magnitude of effective diffusion coefficients ( $D_{\text{eff}}^{60}\text{Co}$ ) the selected physico-chemical characteristics of soils were ranked by degree of influence on the value of the dependent variable:  $\text{pH}_{\text{KCl}} > (\text{fr} < 0.01) > C_{\text{org}}$ .

There was also identified the contribution of each of the selected indicators of soils state (independent variables) in varying of  $D_{\text{eff}}^{60}\text{Co}$ . The contribution for  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ,  $(\text{fr} < 0.01)$ , and  $C_{\text{org}}$  was, respectively, 36,32; 27,90 and 17,08 %. During the experiments revealed a particularly strong increase in the  $D_{\text{eff}}^{60}\text{Co}$  for soils with high content of humus in conditions of excessive moisture.

**Keywords:**  $^{60}\text{Co}$ , soil, physico-chemical properties, total water capacity, vertical migration, coefficient of effective diffusion.

#### 1. Введение

Для выработки стратегий, направленных на минимизацию последствий техногенного загрязнения земель сельскохозяйственного назначения, особый интерес представляют современные концепции обращения с земельными ресурсами в рамках экосистемного подхода, в частности, биогеосистемотехника. Последняя представляет «собой совокупность технических решений и технологий управления биогеохимическим циклом вещества биогеосистем в газообразной, жидкой, твердой фазе» (Калиниченко, 2012; Kalinichenko, 2015). Несмотря на то, что в биогеосистемотехнике используются технические средства, синтетические междисциплинарные методы и технологии, не имеющие прямых аналогов в

\* Corresponding author

E-mail addresses: [vsanisimov@list.ru](mailto:vsanisimov@list.ru) (V.S. Anisimov)

природе, они, тем не менее, обеспечивают «создание трансцендентальных, но природоподобных биogeосистем, имеющих более высокую биологическую продуктивность, устойчивость, обеспечивающих утилизацию отходов, деаплинг расходов и продукта производства, высокое качество окружающей среды по сравнению с ранее известными технологиями и природными биogeосистемами» (Glazko, Sister, 2016). В частности, биogeосистемотехника выгодно отличается от технологий индустриальной платформы (Ковальчук и др., 2013) тем, что «вместо накопления экологических проблем предлагает технические и технологические решения, которые позволяют непротиворечиво решать производственные и экологические проблемы ноосферы в едином технологическом цикле, причем с большим производственным результатом и меньшими затратами, как при краткосрочном планировании, так и в отдаленной перспективе» (Kalinichenko, 2015). Кроме того, применение биogeосистемных технологий способствует повышению устойчивости биogeоценозов, что, в свою очередь, обеспечивает долгосрочную экономическую выгоду благодаря производству экологически безопасной биологической продукции.

Безусловно, для эффективного использования современных биogeосистемных технических подходов к решению проблем агроценозов, необходимо знать закономерности и механизмы, лежащие в основе движения и трансформации вещества и энергии в биogeоценозах, которые обеспечивают их устойчивое функционирование. В частности, в условиях техногенного загрязнения окружающей среды персистентными поллютантами типа тяжелых металлов (ТМ) и радионуклидов эффективное использование мелиоративных приемов и защитных мероприятий возможно лишь при глубоком понимании механизмов взаимодействия этих загрязняющих веществ (ЗВ) с почвенным поглощающим комплексом, перехода их в жидкую фазу почв и передвижения в ней, поглощения корнями растений. В данном аспекте проблемы большое значение имеет понятие устойчивости системы почва – почвенный раствор к повышенным уровням содержания ЗВ.

Для системы почва – почвенный раствор – растение характерны те же виды устойчивости, что и для экосистемы в целом: упругая и неупругая. С точки зрения последней, устойчивость системы почва–почвенный раствор к воздействию ЗВ определяется способностью почв к их инактивации. Под этим термином в рамках данной работы подразумевается снижение подвижности ЗВ (например, радионуклидов) в системе почва – почвенный раствор, т.е., способность почв (вследствие присущих им буферных способностей) иммобилизовывать попавшие в почву ЗВ, снижая их подвижность в почвах и миграционную способность в системе почва – растение.

Повышение миграционной способности ЗВ является симптомом экологического неблагополучия, обусловленного переходом почв в неустойчивое состояние. Таким образом, оценка устойчивости почв является одной из фундаментальных проблем современного естествознания.

Вопросы, связанные с влиянием почвенных свойств на способность к миграции радионуклидов в природные воды и растительно-животные компоненты агроэкосистем (источников продовольствия и промышленного сырья для человека) имеют важное практическое значение. Соответственно, поиск наиболее значимых физико-химических характеристик почв, оказывающих влияние на миграцию ЗВ в системе почва – почвенный раствор – растение, с целью совершенствования прогностических моделей их поведения в агроэкосистемах является важной проблемой современной радио- и агроэкологии.

Необходимо отметить, что проблемам, связанным с миграцией основных дозообразующих радионуклидов радиоактивных выпадений и сбросов –  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  посвящено достаточно много работ (Прохоров, 1981; Булгаков и др., 1990; Тихомиров и др., 1990; Анисимов и др., 1991; Алексахин и Корнеев (ред.), 1992; Putyrskaya & Klemt, 2007; Кузнецов и др., 2009; Мамихин и др., 2016; Коноплев и др., 2016; Переволоцкий, Переволоцкая, 2012; Корчагина и др., 2014; Липатов и др., 2014; Takahashi et al., 2015) и др. В то же время вопросам вертикальной миграции в почвах других радионуклидов – продуктов деления и активации ядерного топлива, в частности,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  и, а также выяснению вклада в этот процесс отдельных эдафических факторов, уделялось значительно меньше внимания (Дергунов и др., 1990; Булгаков и др., 1990; Shinonaga et al., 2005; Standinga et al., 2009; Dong et al., 2010; Bondarkov et al., 2011; Ramzaev et al., 2012; Паницкий и др., 2016).

Существует много работ, посвященных поиску и ранжированию по степени значимости почвенных характеристик, влияющих на подвижность в почвах и транслокацию ТМ и радионуклидов в растения. В этой связи можно упомянуть исследования Ф.М. Тихомирова (1978), В.Б. Ильина (1995), Г.В. Мотузовой (1999), В.Д. Васильевской (1994), Т.А. Романовой (2003), В.С. Анисимова (2013, 2015a, 2015b, 2016; М.А. Wasserman et al. (2008) и др. Однако, как признают и сами авторы, предлагаемый перечень основных показателей состояния почв и оценка их вклада в регулирование миграционной способности ТМ в системе почва – растение требуют серьезной доработки.

Особенно интересным, на наш взгляд, является метод оценки инактивирующей способности почв (Ильин, 1995; Кирейчева, Глазунов, 1995; Дмитраков и др., 2012) в отношении миграционной способности ТМ в системе почва – растение, предложенный В.Б. Ильиным (1995). В основе его лежат принципы, заложенные Г.Я. Ринькисом в разработанной им системе оптимизации минерального питания растений (Ринькис и др., 1989). Для оценки вклада различных почвенных свойств в формирование инактивирующей способности почв в отношении ТМ В.Б. Ильиным с сотрудниками были собраны данные об инактивирующем влиянии на ТМ (Zn, Cd, Pb, Cu, Co) различных почвенных характеристик и выявлено, что наибольшее влияние на снижение подвижности (и биологической доступности) оказывали: гумус, содержание физической глины,  $R_2O_3$ , карбонатов и рН. На базе этих показателей (почвенных характеристик) была разработана шкала буферности. При этом сделано допущение, что выявленные в опытах количественные закономерности для перечисленных химических элементов распространяются на остальные ТМ, относящиеся к группе металлов, повышающих свою подвижность в кислой среде. В.Б. Ильин произвел ранжирование вышеуказанных показателей в соответствии с предложенной им шкалой буферности (инактивирующей способности) почв в отношении ТМ и рассчитал их вклад (в баллах) в формирование инактивирующей способности почв с применением специальных поправочных коэффициентов относительно содержания гумуса.

В настоящем исследовании мы попытались, применив подходы Ильина–Ринькиса, но, исходя из природного разнообразия физико-химических характеристик разных типов и видов некарбонатных и карбонатных почв европейской части России, установить количественные связи между показателями, отражающими физико-химические свойства почв и, показателем, характеризующим подвижность ионов  $^{60}Co$  во влагонасыщенной почве, – эффективным коэффициентом диффузии ( $D_{эф}^{60Co}$ ).

Цель работы – оценка роли почвенных характеристик в формировании инактивирующей способности как важнейшего фактора эколого-геохимической устойчивости почв по отношению к долгоживущему радионуклиду  $^{60}Co$  ( $T_{1/2} = 5.272$  года), представляющему радиологическую опасность в местах расположения ядерных объектов, и разработка методических подходов к оценке влияния эдафических факторов на подвижность  $^{60}Co$  в системе почва – почвенный раствор.

## 2. Объекты и методы

Была составлена выборка из 8 минеральных почв, относящихся к 4-м типам, представляющим разные климатические зоны европейской части России и Урала, что обеспечило достаточно широкий диапазон варьирования изучаемых физико-химических показателей, и проведены модельные опыты с внесением  $^{60}Co$ .

Для экспериментальных исследований отобрали образцы из пахотных (гумусовых) горизонтов следующих почв: дерново-подзолистой среднесуглинистой ( $П^A(K)$ ) – д. Кривское Боровского района Калужской области; дерново-подзолистой супесчаной ( $П^A(П)$ ) – д. Передоль Жуковского района Калужской области; дерново-подзолистой тяжелосуглинистой ( $П^A(H)$ ) – с. Недельное Малоярославецкого района Калужской области; чернозема выщелоченного ( $Ч^B(K)$ ) – д. Николаевка Медвенского района Курской области; светло-серой лесной почвы ( $Л^{CB}(H)$ ) – д. Николаевка Перемышльского района Калужская области; дерново-неглубокоподзолистой грунтово-глеевой ( $П^A_7$ ) – д. Лашковицы Волосовского района Ленинградской области; дерново-подзолистой легкосуглинистой ( $П^A(B)$ ) – п. Богданово, Рославльского района Смоленской области; бурой лесной (БЗ) – п. Режик Белоярского района Свердловской области.



Исследования проводили на основе модельного лабораторного опыта, который предусматривал изучение вертикальной миграции радионуклида  $^{60}\text{Co}$ , в контролируемых условиях при полной влагоемкости (ПВ) почв. Уровни загрязнения выбирали с учетом возможностей используемых аналитических методов и надежного измерения удельной активности радионуклида в ограниченной массе послойных образцов почв из цилиндрических колонок. Условия проведения модельного опыта были следующими:

– предварительная подготовка почв к эксперименту включала доведение их до воздушно-сухого состояния, просеивание через сито с диаметром отверстий 1 мм и определение исходных физико-химических характеристик;

– исследуемые почвы, пропущенные через сито 1 мм, помещали в цилиндрические пластиковые колонки высотой 70 мм и диаметром 35 мм, добиваясь одинаковой плотности насыпных образцов – 1.25 г/см<sup>3</sup>. Высота слоя почвы в колонках составляла 60 мм. Далее почву в колонках насыщали дистиллированной водой до полной влагоемкости (ПВ) в больших полипропиленовых стаканах. Затем вносили на поверхность почвы одинаковые количества радионуклида  $^{60}\text{Co}$  (в пересчете на дату внесения – 4 кБк), после чего колонки с почвой оставляли в течение около полугода при температуре  $21 \pm 2^\circ\text{C}$  в полипропиленовых стаканах, которые закрывали для предотвращения испарения. Уровень воды в полипропиленовых стаканах в течение всего эксперимента поддерживался на уровне поверхности почвы в колонках;

– по окончании вышеуказанного периода времени, почвы доставали из цилиндров, позволяли стечь гравитационной влаге, затем разделяли на слои, высушивали и определяли удельную активность  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -спектрометрическим методом (спектрометр Гамма-1П с полупроводниковым детектором из особо чистого германия с относительной эффективностью регистрации 35 %).

Для описания формирования вертикального почвенного профиля ионов радионуклида  $^{60}\text{Co}$  предполагалось, что моделью этого процесса может служить одномерная квазидиффузия, временные и пространственные характеристики которой являются решением линейного однородного дифференциального уравнения относительно функции распределения объемной активности радионуклида  $A_v(x,t)$  с начальным условием в виде  $\delta$ -функции Дирака  $A_v(x,0) = Q$ . В эксперименте количество  $Q$  радионуклида вносилось в верхнюю часть колонки с сорбентом (почвой), соответствующую значению координаты  $x=0$ . Поскольку за все время эксперимента в профиль образца почвы мигрировала лишь незначительная часть общей внесенной активности радионуклида, то это привело к следующей формулировке граничного условия для вышеуказанного уравнения в виде  $A_v(0,t) = Q$ . Решение уравнения диффузии для указанных выше условий имеет следующий вид:

$$A_v(x,t) = Q \exp(-x^2/4D_{эф} t) \quad (1)$$

Следует отметить, что специфика миграции радионуклида в почвенном слое обусловлена наличием ряда разнородных факторов, вызванных гетерогенностью среды распространения – неоднородные гранулометрический, фазовый, химический и молекулярный составы почвы. В таком приближении этот процесс может быть описан как и диффузия в модельной однородной среде с использованием эффективной величины  $D_{эф}$  (коэффициента эффективной диффузии  $^{60}\text{Co}$ ), см<sup>2</sup>×с<sup>-1</sup>.

Оценка величины  $D_{эф}$  проводилась методом линейного регрессионного анализа экспериментальных данных с помощью модельной функции (1). Для преобразования её в удобный для регрессионного анализа вид, была введена новая переменная  $r$ , связанная с координатой и временем  $r = x^2/(4t)$ .

Логарифмируя (1) получим:

$$\ln(A_v(r)) = \ln(Q) + B r, \quad (2)$$

где  $B = -1/D_{эф}$

Из (2) следует, что экспериментальные значения величины  $\ln(A_v(r))$  линейно зависят от  $r$ . Тангенс угла наклона регрессионной прямой равен обратному значению коэффициента квазидиффузии  $D_{эф}$ , а свободный член регрессии  $\ln(Q)$ , ордината для  $r=0$ , равен значению общей активности (количеству радионуклида на единицу площади), которая формирует вертикальный профиль объемной активности радионуклида  $^{60}\text{Co}$  колонки. Близость полученного значения  $Q$  к количеству радионуклида, внесенного в колонку в начале эксперимента, служит дополнительным критерием корректности выбора регрессионной прямой.

Физико-химические показатели состояния почв, содержание подвижных форм элементов (табл. 1), определяли общепринятыми методами (Соколов (ред.), 1975; Кауричев (ред.), 1980, Минеев (ред.), 2001):  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ; содержание фракции физической глины ( $<0.01$  мм, %);  $\text{Fe}_{\text{подв}}$  (вытяжка Тамма);  $\text{P}_{\text{подв}}$  (для всех почв по Чирикову); гумуса (методом Тюрина). Повторность опытов трехкратная. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили в программе Statistica в соответствии с требованиями, изложенными в литературных источниках (Айвазян и др., 1985; Соколов (ред.), 1975; Доспехов, 1985; Мятлев и др., 2009).

### 3. Результаты и их обсуждение

Исследования в рамках эксперимента по определению коэффициентов эффективной диффузии ( $D_{эф}$   $^{60}\text{Co}$ ) в различных типах, видах и разновидностях почв европейской части России и Урала показали, что процесс диффузионного распространения радионуклида в профиле почв происходит с различной интенсивностью (Табл. 1, 2).

**Таблица 1.** Показатели, характеризующие химические и физические свойства почв

Почва	$C_{\text{орг}}$ , %	$\text{P}_2\text{O}_{5\text{подв}}$ , мг/кг, $\times 10^2$	$\text{Fe}_{\text{подв}}$ , г/кг	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Фракция $<0,01$ мм, %, $\times 10$	Коэффициент эффективной диффузии $D_{эф}$ , $\text{см}^2 \times \text{с}^{-1}$ , $\times 10^{-9}$
$\text{Ч}^{\text{B}}(\text{K})$	$2,98 \pm 0,11$	$1,64 \pm 0,04$	$0,621 \pm 0,005$	$6,01 \pm 0,1$	4,81	$14,1 \pm 0,4$
$\text{П}^{\text{Д}}(\text{K})$	$0,77 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,01$	$2,618 \pm 0,268$	$5,97 \pm 0,01$	4,22	$3,23 \pm 0,11$
$\text{Л}^{\text{CB}}(\text{H})$	$2,19 \pm 0,19$	$1,99 \pm 0,23$	$6,635 \pm 0,472$	$5,66 \pm 0,01$	3,79	$10,2 \pm 4,0$
$\text{П}^{\text{Д}}(\text{H})$	$1,18 \pm 0,06$	$4,73 \pm 0,13$	$2,495 \pm 0,007$	$5,9 \pm 0,01$	4,72	$7,75 \pm 0,05$
$\text{П}^{\text{Д}}(\text{П})$	$0,85 \pm 0,02$	$0,97 \pm 0,03$	$1,543 \pm 0,156$	$5,74 \pm 0,06$	1,84	$3,67 \pm 0,22$
$\text{П}^{\text{Д}}(\text{Б})$	$1,33 \pm 0$	$0,163 \pm 0,011$	$1,998 \pm 0,866$	$4,79 \pm 0,07$	2,12	$5,42 \pm 0,47$
$\text{П}^{\text{Д}}_{\Gamma}$	$1,54 \pm 0,13$	$0,144 \pm 0,015$	$5,012 \pm 0,250$	$3,47 \pm 0,06$	5,35	$4,86 \pm 0,47$
БЗ	$0,61 \pm 0,02$	$0,137 \pm 0,006$	$2,915 \pm 0,153$	$4,3 \pm 0,03$	3,73	$7,71 \pm 0,99$

Связано это с рядом причин, важнейшей из которых является зависимость диффузии ионов  $^{60}\text{Co}$  (точнее, устойчивых аквакомплексов кобальта(II) –  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ) во влагонасыщенной почве от химического и физического воздействия твердой фазы на движение ионов, проявляющегося в виде адсорбции ионов  $^{60}\text{Co}$ . Количественно оценить величину этого воздействия можно, например, с использованием модели сорбции Ленгмюра, которая описывает связь между растворенной и адсорбированной формой металла. Уравнение изотермы Ленгмюра в линейной форме имеет вид:

$$\frac{C}{q} = \frac{C}{Q_{\text{max}}} + \frac{1}{k_L Q_{\text{max}}}, \quad (3)$$

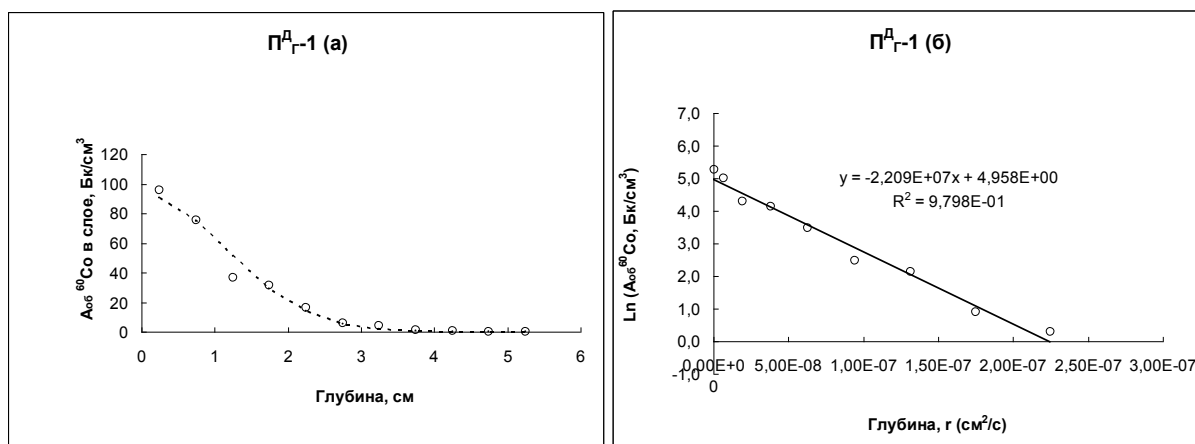
где  $q$  – количество ионов, адсорбированное единицей массы адсорбента, в данном случае почвы (мг–экв  $\text{кг}^{-1}$ );  $Q_{\text{max}}$  – максимальная адсорбция ионов на единицу массы сорбента (мг–экв  $\text{кг}^{-1}$ );  $C$  – равновесная концентрация ионов в растворе (мг–экв  $\text{л}^{-1}$ );  $k_L$  – показатель средства, характеризующий связующую силу центров адсорбции в отношении

рассматриваемого иона (л мг–экв<sup>-1</sup>) и представляющий собой константу равновесия адсорбционного процесса, выраженную через отношение констант скоростей адсорбции и десорбции (Фридрихсберг, 1984).

Это означает, что при увеличении количества ионогенных групп сорбента (т.е., с ростом величины  $Q_{max}$  в уравнении Лэнгмюра) скорости процесса диффузии (а, значит, и значения  $D_{эф}$ ) ионов <sup>60</sup>Со через слой влагонасыщенного сорбента должны существенно снизиться. Аналогичная тенденция будет наблюдаться и с возрастанием свободной энергии адсорбции ионных частиц на реакционных центрах (т.е., с ростом величины  $k_L$  в уравнении Лэнгмюра). Именно сочетание этих двух явлений и проявилось в результатах, зафиксированных при проведении колоночных экспериментов (Табл. 1). Так, для почв характерно возрастание поверхностного заряда за счет роста рН-зависимых ионогенных групп почвенного поглощающего комплекса (ППК) с ростом рН. Также теоретически должно наблюдаться увеличение общей свободной энергии адсорбции ионов <sup>60</sup>Со на реакционных центрах ППК при внесении в почву малоподвижных специфических органических веществ, фосфатов, гидроксидов железа, алюминия, марганца, свободных карбонатов и др. химических мелиорантов в результате процессов образования внутрисферных комплексов и хемосорбции.

Для определения величины эффективного коэффициента квазидиффузии  $D_{эф}$  ионов радионуклида <sup>60</sup>Со,  $D_{эф}$  в настоящей работе применялся линейный регрессионный анализ, описанный выше.

В качестве примера на Рис. 1 приводятся в графической форме распределение объемной активности (Бк/см<sup>3</sup>) радионуклида <sup>60</sup>Со по слоям в образце дерново-неглубокоподзолистой грунтово-глеевой (П<sup>А</sup><sub>Г</sub>) почвы (Ленинградская обл., Ломоносовский р-н.), на основании данных, приведенных в Табл. 2.



**Рис. 1.** Линейная регрессия, применяемая для определения эффективного коэффициента диффузии <sup>60</sup>Со во влагонасыщенном образце дерново-неглубокоподзолистой грунтово-глеевой почвы (д. Лашковицы Волосовского района Ленинградской обл.):

(а) – распределение объемной активности радионуклида по слоям в образце почвы;  
 (б) – линейное преобразование распределения объемной активности <sup>60</sup>Со по слоям в образце почвы в соответствии с формулами (2)

На основе данных регрессии в переменных  $r(x^2/(4t)) - \ln(A_v, \text{Бк/см}^3)$  для двух повторностей опыта определены  $D_{эф}$  <sup>60</sup>Со равные  $4,53 \times 10^{-8}$  и  $5,18 \times 10^{-8}$ , соответственно (Табл. 2).

Анализ данных, приведенных в Табл. 1 и 2, позволяет сделать вывод, что способность адсорбировать и удерживать на поверхности твердой фазы <sup>60</sup>Со, проявляющаяся косвенным образом через уменьшение значений  $D_{эф}$ , у нейтральных и слабокислых почв существенно выше, чем у кислых (П<sup>А</sup><sub>Г</sub>).

Несколько более высокие значения  $D_{эф}$  для <sup>60</sup>Со, полученные для почв с высоким содержанием гумуса (Ч<sup>В</sup>(К) и Л<sup>СВ</sup>(Н)), казалось бы, противоречат рассуждениям,

приведенным ранее (поскольку значения  $Q_{max}$  и  $k_L$  для чернозема и серой лесной почвы ожидаемо должны быть наиболее высокими – см., например, (Круглов и др., 2009)). Однако следует принимать во внимание тот факт, что в условиях избыточного увлажнения в почвах достаточно быстро развиваются процессы оглеения, приводящие к смене окислительного режима восстановительным, сопровождающимся повышением рН, резким падением величины окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) почв (особенно с высоким содержанием гумуса). Все это благоприятствует повышению подвижности специфических органических веществ почвы, разрушению оксидов Fe и Mn, органо-минеральных комплексов и, как следствие, снижению общей свободной энергии адсорбции ионов кобальта на ППК, а, значит, увеличению величины  $D_{эф}^{60Co}$ . Интересная гипотеза относительно роли конкурирующих ионов в увеличении величины эффективной диффузии радионуклидов в анаэробных условиях, приведена в работе (Tarasiuk et al., 2007).

**Таблица 2.** Показатели, характеризующие вертикальную миграцию  $^{60}Co$  во влагонасыщенных образцах почв (2 повторности) \*

Почва, (сут)	Слой, см	$^{60}Co$ , Бк/см <sup>3**</sup>	Коэффициент эффективной диффузии $D_{эф}$ , см <sup>2</sup> ×с <sup>-1</sup>	Почва, (сут)	Слой, см	$^{60}Co$ , Бк/см <sup>3</sup>	Коэффициент эффективной диффузии $D_{эф}$ , см <sup>2</sup> ×с <sup>-1</sup>
ЧВ(К) (134)	0–0,3	581,72	$1,38 \times 10^{-8}$	ЧВ(К) (134)	0–0,4	544,66	$1,44 \times 10^{-8}$
	0,3–0,8	10,16			0,4–0,8	13,68	
	0,8–1,3	0,75			0,8–1,3	1,73	
	1,3–1,8	0,20			1,3–1,8	0,67	
	1,8–2,3	0,19			1,8–2,3	0,24	
	2,3–2,8	0,10			2,3–2,8	0,24	
	2,8–3,3	0,00			2,8–3,3	0,19	
П <sup>Л</sup> (К) (239)	0–0,3	878,89	$3,15 \times 10^{-9}$	П <sup>Л</sup> (К) (239)	0–0,4	639,41	$3,30 \times 10^{-9}$
	0,3–0,8	55,79			0,4–0,8	76,16	
	0,8–1,3	8,70			0,8–1,3	10,42	
	1,3–1,8	1,68			1,3–1,8	2,83	
	1,8–2,3	0,50			1,8–2,3	0,96	
	2,3–2,8	0,22			2,3–2,8	0,17	
	2,8–3,3	0,12			2,8–3,3	0,12	
3,3–3,8	0,08	3,3–3,8	0,22				
Л <sup>СВ</sup> (Н) (236)	0–0,8	295,16	$7,38 \times 10^{-9}$	Л <sup>СВ</sup> (Н) (236)	0–0,7	410,11	$1,30 \times 10^{-8}$
	0,8–1,3	15,00			0,7–1,3	7,92	
	1,3–1,9	6,06			1,3–1,9	2,43	
	1,9–2,5	0,07			1,9–2,5	0,36	
	2,5–3,0	0,13			2,5–3,0	0,13	
	3,0–3,6	0,13			3,0–3,6	0,09	
	3,6–4,2	0,08			3,6–4,1	0,13	
4,1–4,6	0,13	4,1–4,6	0,13				
П <sup>Л</sup> (Н) (245)	0–0,4	752,80	$7,41 \times 10^{-9}$	П <sup>Л</sup> (Н) (245)	0–0,5	615,28	$8,09 \times 10^{-9}$
	0,4–0,8	28,89			0,5–0,9	9,36	
	0,8–1,3	2,01			0,9–1,4	1,69	
	1,3–1,8	0,46			1,4–1,9	0,28	
	1,8–2,3	0,33			1,9–2,4	0,22	
	2,3–2,8	0,21			2,4–2,9	0,24	
	2,8–3,3	0,13			2,9–3,4	0,00	
П <sup>Л</sup> (П) (245)	0–0,8	143,31	$3,83 \times 10^{-9}$	П <sup>Л</sup> (П) (245)	0–0,5	274,34	$3,52 \times 10^{-9}$
	0,8–1,3	0,63			0,5–1,0	10,16	

	1,3–1,8 1,8–2,3 2,3–3,0	0,11 0,04 0,02			1,0–1,5 1,5–2,0 2,0–2,5 2,5–3,0	1,29 0,17 0,18 0,06	
П <sup>Д</sup> (Б) (253)	0–0,5 0,5–1,0 1,0–1,5 1,5–2,0 2,0–2,5 2,5–3,0	599,86 12,86 1,94 0,67 0,14 0,00	$5,75 \times 10^{-9}$	П <sup>Д</sup> (Б) (253)	0–0,8 0,8–1,3 1,3–1,8 1,8–2,3 2,3–2,8 2,8–3,4	314,02 8,14 1,75 0,15 0,19 0,12	$5,09 \times 10^{-9}$
П <sup>ДЖ</sup> (232)	0–0,5 0,5–1,0 1,0–1,5 1,5–2,0 2,0–2,5 2,5–3,0 3,0–3,5 3,5–4,0 4,0–4,5 4,5–5,0 5,0–5,5	190,81 150,24 73,16 62,34 32,23 11,83 8,35 2,44 1,34 0,54 0,34	$4,53 \times 10^{-8}$	П <sup>ДЖ</sup> (232)	0–0,5 0,5–1,0 1,0–1,5 1,5–2,0 2,0–2,5 2,5–3,0 3,0–3,5 3,5–4,0 4,0–4,5 4,5–5,0 5,0–5,5 5,5–6,0	222,53 124,02 67,56 35,87 24,31 15,66 7,05 3,77 2,17 1,01 0,68 0,28	$5,18 \times 10^{-8}$
БЗ (132)	0–0,5 0,5–1,0 1,0–1,5 1,5–2,0 2,0–2,5 2,5–3,0	526,52 22,89 3,54 1,49 0,48 0,10	$7,01 \times 10^{-9}$	БЗ (132)	0–0,5 0,5–1,0 1,0–1,5 1,5–2,0 2,0–2,5 2,5–3,0 3,0–3,5 3,5–4,0 4,0–4,5	488,37 24,89 7,02 2,01 0,66 0,31 0,42 0,38 0,12	$8,41 \times 10^{-9}$

\* - значения объемных активностей  $^{60}\text{Co}$  приведены только для слоев, в которых удалось детектировать радионуклид

\*\* - объемная активность  $^{60}\text{Co}$  приведена в пересчете на дату внесения радионуклида

Необходимо отметить, что на эдафическом уровне на величины коэффициентов диффузии оказывает влияние одновременное действие большого числа взаимосвязанных и независимых факторов. Это проявляется в виде вариабельности значений  $D_{эф}$   $^{60}\text{Co}$  для разных почв. Для выяснения роли отдельных почвенных характеристик в регулировании величины  $D_{эф}$   $^{60}\text{Co}$  были выбраны ключевые показатели, характеризующие состояние почв. Результаты, приведенные в табл. 2, показывают, что разброс значений физических и химических показателей состояния для исследуемых почв весьма значителен. При выборе показателей в расчет были приняты следующие рассуждения:

- практически все физико-химические процессы в почвах на границе раздела твердой и жидкой фаз сосредоточены в пределах фракции физической глины. Это относится и к ионам исследуемого радионуклида  $^{60}\text{Co}$ ;

- подвижные соединения Fe и Mn так же, как и органическое вещество, являются природным концентратором ионов ТМ (включая кобальт);

- кислотность почвы обусловлена качественным и количественным соотношением присутствующих в почвенно-поглощающем комплексе катионов  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ , с одной стороны и катионов оснований, с другой стороны, характеризуется рН солевой вытяжки (или обменной кислотностью), гидролитической кислотностью;

- содержание и качественный состав органического вещества почв контролируют способность последних иммобилизовывать ионы радионуклидов и ТМ;

- содержащиеся в почвах фосфаты, образующие с ионами кобальта нерастворимые соединения, традиционно считаются одними из ключевых факторов в регулировании миграционной способности ТМ.

Из сказанного выше следует вывод: все вышеупомянутые эдафические факторы, безусловно, оказывают воздействие на подвижность  $^{60}Co$  в системе почва – почвенный раствор. Поэтому при статистической обработке отражающие влияние соответствующих факторов показатели состояния почв (почвенные характеристики, или входные переменные) не могут быть исключены как незначимые. В этом случае вклад их в варьирование результативного признака целесообразно включать в качестве экспертной оценки в формулу расчета вклада отдельных входных переменных (почвенных характеристик) в варьирование результирующей переменной.

Значения почвенных характеристик (Табл. 2), приведены в форме, удобной для дальнейшего статистического анализа:  $n \times 10^m$ .

Далее, с использованием показателей, характеризующих свойства почв в качестве входных переменных, была проведена параметризация регрессионных моделей, связывающих эти показатели с подвижностью ионов  $^{60}Co$  во влагонасыщенных почвах, определяемой значениями  $D_{эф}$   $^{60}Co$ , произведено их ранжирование по степени вклада в варьирование результативного признака  $D_{эф}$ . Для этого производилась поэтапная процедура.

Сначала для предварительной оценки вклада эдафических факторов, представленных в виде значений соответствующих почвенных характеристик ( $C_{орг}$ ,  $P_2O_{5подв}$ ,  $Fe_{подв}$ ,  $pH_{KCl}$ , содержание фракции  $< 0,01$  мм) в варьирование результативного признака  $D_{эф}$   $^{60}Co$  был использован множественный регрессионный анализ. Результаты его представлены в Табл. 3.

**Таблица 3.** Результаты множественного регрессионного анализа  $D_{эф}$   $^{60}Co$  от свойств почв ( $k=5$ )\*

Параметр	БЕТА	Стандартная ошибка БЕТА	B	Станд. Ошибка B	t(2)	p-уров.
Св. член			45,8	43,59	1,05	0,40
$C_{орг}$ , %	0,28	0,34	5,2	6,42	0,80	0,51
$P_2O_{5подв}$ , мг/кг	0,01	0,42	0,1	4,05	0,03	0,98
$Fe_{подв}$ , мг/кг	0,05	0,34	0,4	2,61	0,14	0,90
$pH_{KCl}$	-0,71	0,45	-11,3	7,15	-1,58	0,26
Содерж. фр. $< 0,01$ мм, %	0,38	0,38	4,5	4,52	0,99	0,43

\*  $R = 0,904$ ;  $R^2 = 0,818$ , скорректир.  $R^2 = 0,363$   $F(5,2) = 1,7967$ ,  $p < 0,395$ , станд. ошибка оценки: 11,958,  $k$  – количество независимых переменных-предикторов

Из результатов Табл. 3 следует, что, по отдельности, влияние даже наиболее важных с точки зрения влияния на варьирование величины  $D_{эф}$   $^{60}Co$  предикторов:  $pH_{KCl}$ , содержание фракции  $< 0,01$  мм, %,  $C_{орг}$ ; – статистически не значимо. Регрессионный коэффициент для  $pH_{KCl}$  отрицателен, т.е. чем меньше  $pH_{KCl}$ , тем больше коэффициент диффузии. Вклад в регрессию для  $C_{орг}$  и «содержания фракции  $< 0,01$  мм» положителен, т.е. чем больше  $C_{орг}$  и «содержание фракции  $< 0,01$  мм», тем больше коэффициент диффузии. Приняв полученные результаты как предварительные, целесообразно с использованием пошаговой регрессии проанализировать переменные, позволяющие более точно спрогнозировать величину  $D_{эф}$   $^{60}Co$ . Результаты пошагового регрессионного анализа с использованием метода «включения» независимых переменных приведены в Табл. 4.

**Таблица 4.** Результаты пошагового регрессионного анализа  $D_{эф}^{60Co}$  от свойств почв

	Шаг +в/-ис	Множест. R	Множест. R-квадр.	R-квадр. измен.	F - вкл/искл	p-уров.	Перем. включ.
$pH_{KCl}$	1	0,712	0,506	0,506	6,155	0,048	1
Содерж. фр. < 0.01 мм, %	2	0,869	0,755	0,248	5,063	0,074	2
$C_{орг}$ , %	3	0,903	0,816	0,061	1,324	0,314	3

В соответствии с результатами пошаговой регрессии с включением независимых переменных, наилучшим образом могут дать оценку  $D_{эф}^{60Co}$  это  $pH_{KCl}$ , содержание фракции <0,01 мм, % и  $pH_{KCl}$ .

В таком случае, в общем виде регрессионное уравнение будет следующим:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 \quad (4)$$

где  $B_0, B_1, B_3$  – коэффициенты регрессионного уравнения (табл. 6),  $X_1, X_2, X_3$  – независимые переменные (показатели состояния почв).

Итоги множественного регрессионного анализа представлены в Табл. 5.

**Таблица 5.** Итоговая таблица множественного регрессионного анализа  $D_{эф}^{60Co}$  от свойств почв ( $k=3$ )\*

Параметр	БЕТА	Стандарт ная Ошибка БЕТА	B	Стандарт ная Ошибка B	t(4)	p-уров.
Св. член			47,12	22,31	2,11	0,10
$pH_{KCl}$	-0,72	0,23	-11,42	3,62	-3,15	0,03
Содерж. фр. < 0.01 мм, %	0,39	0,24	4,64	2,83	1,64	0,18
$C_{орг}$ , %	0,28	0,24	5,20	4,52	1,15	0,31

\*  $R = 0,904$ ;  $R^2 = 0,816$ , скорректир.  $R^2 = 0,678$   $F(3,4) = 5,9024$ ,  $p < 0,0596$ , стандартная ошибка оценки: 8,506

Квадрат множественного коэффициента корреляции (коэффициент детерминации) составляет 0,816 ( $F(3,4) = 5,9024$ ,  $p < 0,0596$ ). Таким образом, почти 82 % дисперсии  $D_{эф}^{60Co}$  объясняется уравнением регрессии, 18 % вариальности зависимой переменной приходится на другие эдафические факторы, не включенные в число предикторов. Вклад избранных предикторов (независимых переменных) в варьирование величины  $D_{эф}^{60Co}$  статистически значим на различных уровнях доверительной вероятности:  $pH_{KCl}$  (97,1 %), фр.<0,01мм (91,3 %),  $C_{орг}$  (77,8 %) (Табл. 6). Однако, исходя из вышеизложенного принципа о безусловном вкладе рассматриваемых переменных в варьирование результативной переменной, в окончательную регрессионную модель, связывающую физико-химические показатели состояния почв с накоплением  $^{60}Co$  в вегетативной массе ячменя были включены все эти три независимые переменные:

**Таблица 6.** Вклад отдельных независимых переменных в варьирование  $D_{эф}^{60Co}$ 

	Бета	Частная	Получаст	Толеран.	R-квадр.	t(4)	p-уров.
$pH_{KCl}$	-0,687	-0,858	-0,670	0,953	0,047	-3,34	0,029
Содерж. фр. < 0,01 мм, %	0,463	0,749	0,454	0,960	0,040	2,26	0,087
$C_{орг}$ , %	0,296	0,586	0,290	0,961	0,039	1,44	0,222

Окончательное, полученное регрессионное уравнение имеет вид:

$$D_{эф} {}^{60}\text{Co} = 47,12 - 11,42 \times (\text{pH}_{\text{KCl}}) + 4,64 \times (\text{Фр.} < 0,01 \text{ мм}) + 5,20 \times (C_{\text{орг}}). \quad (5)$$

Сопоставление полученных результатов регрессионного анализа с фактическими значениями  $D_{эф} {}^{60}\text{Co}$  приведено в Табл. 7.

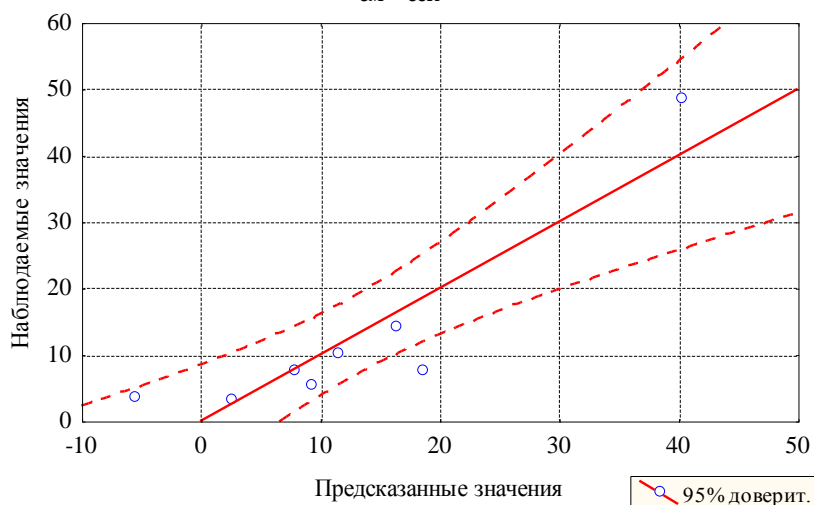
**Таблица 7.** Сопоставление фактических значений  $D_{эф} {}^{60}\text{Co}$  с полученными с помощью линейной регрессионной модели (5)

Почва	Наблюд. знач.	Предск. знач.	Остатки	Станд. предск.	Станд. остатки	Стд.ош. предск.	Махалан. Расст.	Удален. остатки	Кука расст.
ЧВ(К)	14,10	16,31	-2,21	0,28	-0,26	7,04	3,92	-7,04	0,12
ПД(К)	3,23	2,55	0,68	-0,74	0,08	5,96	2,57	1,35	0,00
ЛСВ(Н)	10,20	11,47	-1,27	-0,08	-0,15	4,49	1,08	-1,76	0,00
ПД(Н)	7,75	7,80	-0,05	-0,35	-0,01	5,46	2,01	-0,08	0,00
ПД(П)	3,67	-5,47	9,14	-1,33	1,07	6,04	2,65	18,40	0,59
ПД(Б)	5,42	9,18	-3,76	-0,25	-0,44	6,05	2,67	-7,62	0,10
ПД <sub>Г</sub>	48,60	40,33	8,27	2,05	0,97	7,41	4,44	34,25	3,07
БЗ	7,71	18,50	-10,79	0,44	-1,27	5,13	1,67	-16,94	0,36
Миним.	3,23	-5,47	-10,79	-1,33	-1,27	4,49	1,08	-16,94	0,00
Максим.	48,60	40,33	9,14	2,05	1,07	7,41	4,44	34,25	3,07
Среднее	12,59	12,59	-0,00	0,00	-0,00	5,95	2,63	2,57	0,53
Медиана	7,73	10,33	-0,66	-0,17	-0,08	6,00	2,61	-0,92	0,11

В целом, как видно из Табл. 7, наблюдается удовлетворительная сходимость экспериментально полученных и рассчитанных с помощью аппроксимирующего уравнения регрессии (5) значений  $D_{эф} {}^{60}\text{Co}$ . Дополнительно на Рис. 2. приведено наглядное сравнение результатов, полученных на основе модели множественного регрессионного анализа для зависимых переменных  $D {}^{60}\text{Co}$ , с наблюдаемыми значениями.

#### Предсказанные и наблюдаемые значения

Зависимая переменная: коэффициенты эффективной диффузии,  $D_{эф}$ ,  $\text{см}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$



**Рис. 2.** Сравнение результатов, полученных на основе модели множественного регрессионного анализа для зависимых переменных  $D_{эф} {}^{60}\text{Co}$ , с наблюдаемыми значениями



Как видно, более 85 % экспериментально установленных значений зависимой переменной укладываются в диапазон вдоль линии регрессии, соответствующий 95 % доверительной вероятности. Полученные результаты позволяют ранжировать выбранные физико-химические показатели состояния почв по степени влияния на величину  $D_{эф}^{60Co}$ :  $pH_{KCl} > (фр < 0,01) > C_{орг}$ .

Исходя из значений частных коэффициентов корреляции переменных-предикторов, представленных в табл. 6, можно рассчитать соответствующие им значения коэффициентов детерминации: част.  $r^2$  ( $pH_{KCl}$ ) = 0,74, част.  $r^2$  ( $фр < 0,01$ ) = 0,56; част.  $r^2$  ( $C_{орг}$ ) = 0,34. Соотношения между соответствующими значениями частных коэффициентов детерминации составляют 2,14:1,63:1. Используя эти соотношения и, учитывая, что  $R^2=0,816$ , можно количественно рассчитать вклады  $q_i$  (%) соответствующих предикторов в варьирование  $D_{эф}^{60Co}$ :  $q(pH_{KCl}) = 36,32$ ;  $q(фр < 0,01) = 27,90$ ;  $q(C_{орг}) = 17,08$ .

Проверку адекватности предложенной линейной регрессионной модели экспериментальным данным проводили визуально с помощью построения нормального вероятностного графика остатков. В нашем случае распределение остатков (разности между экспериментальными и полученными при помощи уравнения регрессии значениями зависимой переменной) хорошо укладывалось на прямую линию в координатах остатки (наблюдаемые) – рассчитанные (на основании закона нормального распределения) нормированные значения остатков ( $Z$ -значения), что свидетельствует о нормальном распределении остатков и линейности связи между независимыми и зависимой переменными.

#### 4. Заключение

В ходе лабораторных экспериментов по изучению процесса вертикальной миграции радионуклида  $^{60}Co$  в водонасыщенных почвенных образцах нарушенного сложения одинаковой первоначальной насыпной плотности были получены значения эффективных коэффициентов диффузии ( $D_{эф}^{60Co}$ ) для 8 различных почв. Диапазон их изменения составил  $3,23 \div 14,1 \times 10^{-9} \text{ см}^2 \times \text{с}^{-1}$ . Отличие результативного признака ( $D_{эф}^{60Co}$ ) при одинаковых внешних условиях (температура, влажность, плотность, количество внесенного радионуклида и способ его внесения на поверхность почвы) объясняется различием эдафических факторов, влияющих на процесс вертикальной миграции радионуклида. Для оценки этого влияния был использован статистический подход, где эдафические факторы, представляющие важнейшие характеристики почв, выступали в качестве исходных переменных (предикторов), а результативным признаком служил  $D_{эф}^{60Co}$ .

Полученные результаты позволили ранжировать выбранные физико-химические показатели состояния почв по степени влияния на величину  $D_{эф}^{60Co}$ :  $pH_{KCl} > фр < 0,01 > C_{орг}$ . Оцененный вклад вышеуказанных предикторов в варьирование  $D_{эф}^{60Co}$  составил, соответственно, 36,32; 27,90 и 17,08 %.

В ходе опытов был установлен факт особенно сильного увеличения величины  $D_{эф}^{60Co}$  для почв с высоким содержанием гумуса в условиях избыточного увлажнения. Связано это, по-видимому, с тем, что в таких почвах интенсивно развиваются процессы оглеения, приводящие к смене окислительного режима восстановительным, сопровождающимся повышением pH и резким падением величины окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) почв.

Это благоприятствует повышению подвижности специфических органических веществ почвы, разрушению оксидов Fe и Mn, органо-минеральных комплексов и, как следствие, снижению общей свободной энергии адсорбции ионов кобальта ППК, а, значит, росту его подвижности в системе почва – почвенных растворов. Однако, оценка количественных параметров этих процессов, требует проведения дополнительных экспериментов в динамических условиях.

Следует отметить, что существенным недостатком, ограничившим возможности статистического оценивания вклада эдафических факторов, представленных в виде различных почвенных характеристик в варьирование результирующей переменной  $D_{эф}^{60Co}$ , оказался небольшой объем выборки данных. Поэтому, полученные результаты носят предварительный характер. Необходимо продолжение дальнейших исследований в данном направлении. В частности, необходимо увеличить количество экспериментально

полученных пар значений и уточнить усредненные значения  $D_{эф}^{60\text{Co}}$ . Это позволит уточнить оценки вклада эдафических факторов в процесс вертикальной миграции в почве радионуклида  $^{60}\text{Co}$ .

### Литература

- Айвазян и др., 1985** – Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. (1985). Прикладная статистика: Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 487 с.
- Алексахин и Корнеев (ред.), 1992** – Алексахин Р.М.(ред.), Корнеев Н.А. (ред.). (1992).// Сельскохозяйственная радиоэкология, М.: Экология, 400 с.
- Анисимов и др., 1991** – Анисимов В.С., Санжарова Н.И., Алексахин Р.М. (1991). О формах нахождения и вертикальном распределении  $^{137}\text{Cs}$  в почвах в зоне аварии на Чернобыльской АЭС// *Почвоведение*, № 9, С. 31–40.
- Анисимов и др., 2013** – Анисимов В.С., Санжарова Н.И., Анисимова Л.Н., Гераськин С.А. Дикарев Д.В., Фригидова Л.М., Фригидов Р.А., Белова Н.В. (2013). Оценка миграционной способности и фитотоксичности Zn в системе почва-растение // *Агрехимия*, № 1, С. 64 – 74.
- Анисимов и др., 2016** – Анисимов В. С., Кочетков И. В., Дикарев Д. В., Анисимова Л. Н., Корнеев Ю. Н., Фригидова Л. М. (2016). Влияние физико-химических характеристик почв на биологическую доступность природного и радиоактивного цинка // *Почвоведение*, № 8, С. 942 – 954.
- Булгаков и др., 1990** – Булгаков А.А., Коноплев А.В., Попов В.Е., Бобовникова Ц.И., Сиверина А.А., Шкуратова И.Г. (1990). Механизмы вертикальной миграции долгоживущих радионуклидов в почвах 30-километровой зоны ЧАЭС. // *Почвоведение*, № 10, С. 14 – 19.
- Васильевская, 1994** – Васильевская В.Д. (1994). Устойчивость почв к антропогенным воздействиям // *Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв*, М.: Изд-во Моск. ун-та, С. 61 – 79.
- Дергунов и др., 1990** – Дергунов И.Д., Шевченко В.С., Криушин Н.В. (1990). Миграция радионуклидов по профилю некоторых почв Узбекистана под влиянием промывных поливов. // *Почвоведение*, № 10, с. 70 – 74.
- Дмитраков и др., 2012** – Дмитраков Л.М., Дмитракова Л.К., Пинский Д.Л., Самсонова В.П. (2012). Буферность почв и нормирование в них тяжелых металлов // *Проблемы агрохимии и экологии*, № 1, С. 53–56.
- Доспехов, 1985** – Доспехов Б.А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) -5-е изд., доп. и перераб, Агропромиздат, 351 с.
- Ильин, 1995** – Ильин В.Б. (1995). Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // *Агрехимия*, № 10, С. 109–113.
- Калиниченко, 2012** – Калиниченко В.П. (2012) Биогосистемотехника: Гносеологические основы управления экосистемами // *Почвоведение и агрохимия*, № 4, С. 72–76.
- Кауричев (ред.), 1980** – Кауричева И.С. (ред.). (1980). Практикум по почвоведению, М.: Колос, 272 с.
- Кирейчева, Глазунов, 1995** – Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. (1995). Методы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // *Почвоведение*, № 7, С. 892 – 896.
- Коноплев и др., 2016** – Коноплев А.В., Голосов В.Н., Йощенко В.И., Нанба К., Онда Ю., Такаса Ц., Вакияма Й. (2016). Вертикальное распределение радиоцезия в почвах зоны аварии на АЭС Фукусима-1// *Почвоведение*, № 5, С. 620 – 632.
- Корчагина и др., 2014** – Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. (2014). Оценка техногенного загрязнения городских почв на основе профильного распределения тяжелых металлов и плотности сложения // *Почвоведение*, №8, С. 988 – 998.
- Круглов и др., 2009** – Круглов С.В., Анисимов В.С., Лаврентьева Г.В., Анисимова Л.Н. (2009). Параметры селективной сорбции Co, Cu, Zn и Cd дерново-подзолистой почвой и черноземом // *Почвоведение*, № 4, С. 419 – 428.
- Кузнецов и др., 2009** – Кузнецов В.К., Грунская В.П., Калашников К.Г., Санжарова Н.И. (2009). Особенности распределения  $^{137}\text{Cs}$  в агроландшафтах склонов северной части лесостепной зоны// *Агрехимия*, № 2, С.75–86.

**Липатов, Щеглов, 2014** – Липатов Д. Н., Щеглов А. И. (2014). Пространственное варьирование коэффициентов квазидиффузии  $^{137}\text{Cs}$  в серых лесных почвах в дальней зоне загрязнения от Чернобыльской АЭС. // *Радиационная Биология. Радиоэкология*, Том 54, № 5, С. 537 – 546.

**Мамихин и др., 2016** – Мамихин С.В., Голосов В.Н., Парамонова Т.А., Шамишурина Е.Н., Иванов М.М. (2016). Вертикальное распределение  $^{137}\text{Cs}$  в аллювиальных почвах поймы р. Локна (Тульская область) в отдаленный период после аварии на ЧАЭС и его моделирование // *Почвоведение*, № 12, С. 1521 – 1533.

**Минеев (ред.), 2001** – Минеев В.Г. (ред.). (2001). Практикум по агрохимии, М.: Изд-во Моск. ун-та, 689 с.

**Мотузова, 1999** – Мотузова Г.В. (1999). Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. М.: *Эдиторал УРСС*, 168 с.

**Мятлев и др., 2009** – Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризниченко Г.Ю., Терехин А.Т. (2009). Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели, М.: Академия, 320 с.

**Паницкий и др., 2016** – Паницкий А. В., Лукашенко С. Н., Магашева Р. Ю. (2016). Особенности вертикального распределения радионуклидов в почвах условно-чистой территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона. // *Радиационная Биология. Радиоэкология*, Том 56, № 6, С. 623 – 638.

**Переволоцкий, Переволоцкая, 2012** – Переволоцкий А. Н., Переволоцкая Т. В. (2012). Прогнозирование вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лесных почвах республики Беларусь // *Радиационная Биология. Радиоэкология*, том 52, № 6, С. 625 – 635.

**Прохоров, 1981** – Прохоров В.М. (1981). Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. М.: Энергоиздат, 98 с.

**Ринькис и др., 1989** – Ринькис Г.Я., Рамане Х.К., Паэгле Г.В., Куницкая Т.А. (1989). Система оптимизации и методы диагностики минерального питания растений. Рига: Зинатне. 196 с.

**Романова, Ивахненко, 2003** – Романова Т.А., Ивахненко Н.Н. (2003). Устойчивость пахотных почв Белоруссии к химическому загрязнению // *Почвоведение*, № 6, С. 754 – 763.

**Соколов (ред.), 1975** – Соколова А.В. (ред.). (1975). Агрохимические методы исследования почв, М.: Наука, 656 с.

**Тихомиров и др., 1978** – Тихомиров Ф.А., Прохоров В.М., Мусеев А.А. и др. (1978). Нахождение связи между поступлением цезия-137 в растения и свойствами почвы // *Агрохимия*, № 8, С. 116 – 124

**Тихомиров и др., 1990** – Тихомиров Ф.А., Щеглов А.И., Цветнова О.Б., Кляшторин А.Л. (1990). Геохимическая миграция радионуклидов в лесных экосистемах зоны радиоактивного загрязнения ЧАЭС. // *Почвоведение*, № 10, С. 41 – 50.

**Фридрихсберг, 1984** – Фридрихсберг Д.А. (1984). Курс коллоидной химии, Л.: Химия, 368 с.

**Anisimov et al., 2015a** – Anisimov V. S., Kochetkov I.V., Dikarev D.V., Anisimova L.N., Korneev Y.N. (2015). Effects of physical-chemical properties of soils on  $^{60}\text{Co}$  and  $^{65}\text{Zn}$  bioavailability // *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 15. Is. 11. pp. 2232 – 2243. DOI 10.1007/s11368 – 015 – 1153 – z

**Anisimov et al., 2015b** – Anisimov V.S., Dikarev D.V., Anisimova L.N., Korneev Y.N., Kochetkov I.V. (2015). The Influence of Soil Physical and Chemical Characteristics on Bioavailability of  $^{60}\text{Co}$  // *Biogeosystem Technique*, Vol. 6, Is. 4, pp. 327 – 344. DOI: 10.13187/bgt.2015.6.327.

**Bondarkov et al., 2011** – Bondarkov M. D., Zheltonozhsky V. A., Zheltonozhskaya M.V., Kulich N.V., Maksimenko A.M., Farfan E.B., Jannik G.T. and Marra J.C. (2011). Vertical migration of radionuclides in the vicinity of the Chernobyl confinement shelter // *Health Physics*, Vol. 101, No 4, pp. 362 – 367. DOI: 10.1097/HP.0b013e3182166472

**Dong et al., 2010** – Dong W., Tims S. G., Fifield L. K., Guo Q. (2010). Concentration and characterization of plutonium in soils of Hubei in central China // *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 101, pp. 29 – 32. doi:10.1016/j.jenvrad.2009.08.011.

**Kalinichenko, 2015** – Kalinichenko V.P. (2015). Biogeosystem Technique as a Paradigm of Non-waste Technology in the Biosphere // *Biogeosystem Technique*, Vol. 3, Is. 1, pp. 4 – 28. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.4.

Putyrskaya & Klemt, 2007 – Putyrskaya V., Klemt E. (2007). Modeling  $^{137}\text{Cs}$  migration processes in lake sediments // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 96, pp. 54 – 62. doi:10.1016/j.jenvrad.2007.01.017.

Ramzaev et al., 2012 – Ramzaev V., Repin V., Medvedev A., Khramtsov E., Timofeeva M., Yakovlev V. (2012). Radiological investigations at the “Taiga” nuclear explosion site, part II: man-made  $\gamma$ -ray emitting radionuclides in the ground and the resultant kerma rate in air // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 109, pp. 1 – 12. doi:10.1016/j.jenvrad.2011.12.009.

Shinonaga et al., 2005 – Shinonaga T., Schimmack W., Gerzabek M.H. (2005). Vertical migration of  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{226}\text{Ra}$  in agricultural soils as observed in lysimeters under crop rotation // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 79, pp. 93 – 106. doi:10.1016/j.jenvrad.2004.05.018.

Standringa et al., 2009 – Standringa W.J.F., Brown J.E., Dowdall M., Korobova E.M., Linnik V.G., Volosov A.G. (2009). Vertical distribution of anthropogenic radionuclides in cores from contaminated floodplains of the Yenisey River // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 100, pp. 1109 – 1120. doi:10.1016/j.jenvrad.2009.04.011.

Takahashi et al., 2015 – Takahashi J., Tamura K., Suda T., Matsumura R., Onda Y. (2015). Vertical distribution and temporal changes of  $^{137}\text{Cs}$  in soil profiles under various land uses after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 139, pp. 351 – 361. http://dx.doi.org./10.1016/j.jenvrad.2014.07.004.

Tarasiuk et al., 2007 – Tarasiuk N., Koviagina E., Kubarevičiene V., Shliahtich E. (2007). On the radiocesium carbonate barrier in organics-rich sediments of Lake Juodis, Lithuania // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 93, pp. 100 – 118. doi:10.1016/j.jenvrad.2006.12.004.

Wasserman, 2008 – Wasserman M.A., Bartoly F., Viana A.G., Silva M.M., Rochedo E.R.R., Perez D.V., Conti C.C. (2008). Soil to plant transfer of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$  in Ferralsol, Nitisol and Acrisol // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 99, pp. 546 – 553. doi:10.1016/j.jenvrad.2007.08.010.

## References

Alexakhin, Korneev (Eds), 1992 – Alexakhin R.M. and Korneev N.A. (Eds). (1992). Agricultural radioecology. Moscow: Ekologia, 400 p. (in Russian)

Anisimov et al., 1991 – Anisimov V.S., Sanzharova N.I., Alexakhin R.M. (1991). On the chemical speciation and vertical distribution of  $^{137}\text{Cs}$  in soils in the zone of Chernobyl NPP // Pochvovedenie, No. 9, pp. 31 – 40 (in Russian).

Anisimov et al., 2013 – Anisimov V. S., Sanzharova N. I. Anisimova L. N., Geras'kin S. A., Dikarev D. V., Frigidova L. M., Frigidov R. A., Belova N. V. (2013). The assessment of the migration ability and phytotoxicity of Zn in the system soil-plant // Agrochemistry, No. 1, pp. 64 – 74 (in Russian)

Anisimov et al., 2015a – Anisimov V. S., Kochetkov I.V., Dikarev D.V., Anisimova L.N., Korneev Y.N. (2015). Effects of physical-chemical properties of soils on  $^{60}\text{Co}$  and  $^{65}\text{Zn}$  bioavailability // Journal of Soils and Sediments, Vol. 15, Is. 11, pp. 2232 – 2243. DOI 10.1007/s11368 – 015 – 1153 – z

Anisimov et al., 2015b – Anisimov V.S., Dikarev D.V., Anisimova L.N., Korneev Y.N., Kochetkov I.V. (2015). The Influence of Soil Physical and Chemical Characteristics on Bioavailability of  $^{60}\text{Co}$  // Biogeosystem Technique, Vol. 6, Is. 4, pp. 327 – 344. DOI: 10.13187/bgt.2015.6.327.

Anisimov et al., 2016 – Anisimov V.S., Kochetkov I.V., Dikarev D.V., Anisimova L.N., Korneev Y.N., Frigidova L.M. (2016). Effect of the physico-chemical parameters of soils on the biological availability of natural and radioactive zinc // Eurasian Soil Science, Vol. 49, No 8, pp. 868 – 878.

Ayvazyan et al., 1985 – Ayvazyan S. A., Eniukov I. S., Meshalkin L. D. (1985). Applied statistics: Research of dependences. M.: Finance and statistics, 487 p.

Bondarkov et al., 2011 – Bondarkov M. D., Zheltonozhsky V. A., Zheltonozhskaya M.V., Kulich N.V., Maksimenko A.M., Farfan E.B., Jannik G.T. and Marra J.C. (2011). Vertical migration of radionuclides in the vicinity of the Chernobyl confinement shelter // Health Physics, Vol. 101, No 4, pp. 362 – 367. DOI: 10.1097/HP.ob013e3182166472

Bulgakov et al., 1990 – Bulgakov A. A., Konoplev, A.V., Popov V. E., Bobounikova Ts. I., Siverina A. A., Shkuratova, I. G. (1990). Mechanisms of vertical migration of long-lived

radionuclides in the soils of 30-km zone of the ChNPP // *Pochvovedenie*, No. 10, pp. 14 – 19 (in Russian).

**Dergunov et al., 1990** – *Dergunov, I. D., Shevchenko, V. S., Kryuchin N. V.* (1990). The migration of radionuclides in the profile of some soils of Uzbekistan under the influence of leaching flows// *Pochvovedenie*, No. 10, pp. 70 – 74 (in Russian).

**Dmitrakov et al., 2012** – *Dmitrakov L. M., Dmitrakova L. K., Pinsky, D. L., Samsonova, V. P.* (2012). Buffer capacity of soils and regulation of heavy metals // *Agrochemistry and ecology problems*, No. 1, pp. 53 – 56 (in Russian).

**Dong, 2010** – *Dong W., Tims S. G., Fifield L. K., Guo Q.* (2010). Concentration and characterization of plutonium in soils of Hubei in central China // *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 101, pp. 29 – 32. doi:10.1016/j.jenvrad.2009.08.011.

**Dospechov, 1985** – *Dospechov B.A.* Technique of field method. M.: Agropromizdat, 1985, 351 p. (in Russian)

**Fridrikhsberg, 1984** – *Fridrikhsberg D. A.* (1984). The course of colloid chemistry. L.: Chemistry, 368 p.

**Glazko and Sister, 2016** – *Glazko VI, Sister VG* (2016) Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres. // *ISJ Theoretical & Applied Science*, No 4(36), pp. 46 – 68, doi: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.04.36.9>

**Ilyin, 1995** – *Ilyin V. B.* (1995). Evaluation of the buffer capacity of soils with respect to heavy metals // *Agrochemistry*, No. 10, pp. 109 – 113 (in Russian)

**Kalinichenko, 2012** – *Kalinichenko V.P.* (2012). Biogeosystem technique: Epistemological foundations of ecosystem management // *Soil Science and Agrochemistry*, № 4, pp. 72 – 76 (in Russian).

**Kalinichenko, 2015** – *Kalinichenko V.P.* (2015). Biogeosystem Technique as a Paradigm of Non-waste Technology in the Biosphere // *Biogeosystem Technique*, Vol. 3, Is. 1, pp. 4 – 28. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.4.

**Kaurichev (ed.), 1980** – *Kaurichev I. S.* (ed.). (1980). Practicum on soil science. M.: Kolos, 272 p.

**Kireicheva & Glazunov, 1995** – *Kireicheva L. V., Glazunov I. V.* (1995). Methods for detoxification of soils contaminated with heavy metals // *Pochvovedenie*, No 7, pp. 892– 896 (in Russian).

**Konoplev et al., 2016** – *Konoplev A.V., Golosov V.N., Yoschenko V.I., Nanba K., Takase T., Onda Y., Wakiyama Y.* (2016). Vertical distribution of radiocesium in soils of the area affected by the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident // *Eurasian Soil Science*, Vol. 49, No 5, pp. 570 – 580.

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

**Korchagina et al., 2014** – *Korchagina K.V., Smagin A.V., Reshetina T.V.* (2014). Assessing the technogenic contamination of urban soils from the profile distribution of heavy metals and the soil bulk density // *Eurasian Soil Science*, Vol. 47, No 8, pp. 824 – 833.

**Kruglov et al., 2009** – *Kruglov S.V., Anisimov V.S., Lavrent'eva G.V., Anisimova L.N.* (2009). Parameters of Selective Sorption of Co, Cu, Zn, and Cd by a Soddy-Podzolic Soil and a Chernozem // *Eurasian Soil Science*, Vol. 42, No. 4, pp. 385 – 393.

**Kuznetsov et al., 2009** – *Kuznetsov V. K., Grunsky V. P., Kalashnikov K. G., Sanzharova N. I.* (2009). The features of the <sup>137</sup>Cs distribution within slopes of agricultural landscapes of the Northern part of forest-steppe zone // *Agrochemistry*, No. 2, pp. 75 – 86 (in Russian).

**Lipatov & Shcheglov, 2014** – *Lipatov D. N., Shcheglov A. I.* (2014) Spatial variation of the quasi-diffusion coefficients of <sup>137</sup>Cs in gray forest soils in the far zone of contamination from the Chernobyl nuclear power plant // *Radiation Biology. Radioecology*, Vol. 54, No 5, pp. 537 – 546 (in Russian).

**Mamikhin et al., 2016** – *Mamikhin S.V., Golosov V.N., Paramonova T.A., Shamshurina E.N., Ivanov M.M.* (2016). Vertical distribution of <sup>137</sup>Cs in alluvial soils of the Lokna River floodplain (Tula oblast) long after the Chernobyl accident and its simulation// *Eurasian Soil Science*, Vol. 49, No 12, pp. 1432 – 1442.

- Mineev (ed.), 2001 – Mineev V. G. (ed.). (2001). Practicum on agricultural chemistry. M.: Izd-vo Mosk. University press, 689 p.
- Motuzova, 1999 – Motuzova G. V. (1999). Compounds of trace elements in soil: the systematic organization, ecological significance, monitoring. M.: URSS Editorial, 168 p.
- Myatlev et al., 2009 – Myatlev, V. D., Panchenko L. A., Riznichenko G. Yu., Terekhin A. T. (2009). Probability theory and mathematical statistics. Mathematical models. Moscow: Academy, 320 p.
- Panitsky et al., 2016 – Panitsky A.V., Lukashenko S. N., Magasheva R. Y. (2016). Peculiarities of the vertical distribution of radionuclides in soils of conditionally pure areas of the former Semipalatinsk test site. // Radiation Biology. Radioecology, Vol 56, No. 6, pp. 623 – 638.
- Perevolotsky & Perevolotskaya, 2012 – Perevolotsky A.N., Perevolotskaya T.V. (2012). Prediction of vertical distribution of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in forest soils of the Republic of Belarus // Radiation Biology. Radioecology, Vol. 52, No 6, pp. 625 – 635 (in Russian).
- Prokhorov, 1981 – Prokhorov V. M. (1981). Migration of radioactive contaminants in soils. M.: Energoizdat, 98 p.
- Putyrskaya & Klemt, 2007 – Putyrskaya V., Klemt E. (2007). Modeling  $^{137}\text{Cs}$  migration processes in lake sediments // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 96, pp. 54 – 62. doi:10.1016/j.jenvrad.2007.01.017.
- Ramzaev et al., 2012 – Ramzaev V., Repin V., Medvedev A., Khrantsov E., Timofeeva M., Yakovlev V. (2012). Radiological investigations at the “Taiga” nuclear explosion site, part II: man-made  $\gamma$ -ray emitting radionuclides in the ground and the resultant kerma rate in air // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 109, pp. 1 – 12. doi:10.1016/j.jenvrad.2011.12.009.
- Rin’kis et al., 1989 – Rin’kis G. J., Raman H. K., Paegle, G. V., kunitskaya, T. A. (1989). The optimization system and methods of diagnosis of mineral nutrition of plants. Riga: Zinatne, 196 p.
- Romanova & Ivakhnenko, 2003 – Romanova T.A., Ivakhnenko N.N. (2003). Tolerance of plowed soils of Belarus for chemical contamination // Eurasian Soil Science, Vol. 36, No 6, pp. 677 – 684.
- Shinonaga et al., 2005 – Shinonaga T., Schimmack W., Gerzabek M.H. (2005). Vertical migration of  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{226}\text{Ra}$  in agricultural soils as observed in lysimeters under crop rotation // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 79, pp. 93 – 106. doi:10.1016/j.jenvrad.2004.05.018.
- Sokolov (ed.), 1975 – Sokolov A.V.(ed.). (1975). Agrochemical methods of soil investigation. Moscow: Nauka, 656 p.
- Standringa, 2009 – Standringa W.J.F., Brown J.E., Dowdall M., Korobova E.M., Linnik V.G., Volosov A.G. (2009). Vertical distribution of anthropogenic radionuclides in cores from contaminated floodplains of the Yenisey River // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 100, pp. 1109 – 1120. doi:10.1016/j.jenvrad.2009.04.011.
- Takahashi, 2015 – Takahashi J., Tamura K., Suda T., Matsumura R., Onda Y. (2015). Vertical distribution and temporal changes of  $^{137}\text{Cs}$  in soil profiles under various land uses after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 139, pp.351 – 361. http://dx.doi.org./10.1016/j.jenvrad.2014.07.004.
- Tarasiuk et al., 2007 – Tarasiuk N., Koviagina E., Kubarevičiene V., Shliahtich E. (2007). On the radiocesium carbonate barrier in organics-rich sediments of Lake Juodis, Lithuania // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 93, pp. 100 – 118. doi:10.1016/j.jenvrad.2006.12.004.
- Tikhomirov et al., 1978 – Tikhomirov F. A., Prokhorov V. M., Moiseev, A. A. and others (1978). Finding a link between intake of caesium-137 in plants and properties of soils // Agrochemistry, No. 8, pp. 116 – 124.
- Tikhomirov et al., 1990 – Tikhomirov F. A., Shcheglov A. I., Tsvetnova O. B., Klyashtorin A. L. (1990). Geochemical migration of radionuclides in the forest ecosystems of Chernobyl NPP radioactive contamination zone // Pochvovedenie, No. 10, pp. 41 – 50 (in Russian).
- Vasil’evskaya, 1994 – Vasil’ evskaya V. D. (1994). The resistance of soils to anthropogenic influences // Soil-ecological monitoring and soil conservation. M.: Izd-vo Mosk. Univ. pp. 61 – 79.
- Wasserman, 2008 – Wasserman M.A., Bartoly F., Viana A.G., Silva M.M., Rochedo E.R.R., Perez D.V., Conti C.C. (2008). Soil to plant transfer of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$  in Ferralsol, Nitisol and Acrisol // Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 99, pp. 546–553. doi: 10.1016/j.jenvrad.2007.08.010.

**Изучение совместного влияния свойств почв на скорость диффузии  $^{60}\text{Co}$** 

Вячеслав Сергеевич Анисимов <sup>a, \*</sup>, Дмитрий Владимирович Дикарев <sup>a</sup>,  
Валерий Викторович Иванов <sup>a</sup>, Татьяна Витальевна Переволоцкая <sup>a</sup>,  
Лидия Николаевна Анисимова <sup>a</sup>, Илья Владимирович Кочетков <sup>a</sup>,  
Андрей Владиславович Томсон <sup>a</sup>, Лариса Ивановна Ратникова <sup>a</sup>, Андрей Иванович Санжаров <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,  
Российская Федерация

**Аннотация.** В ходе лабораторных экспериментов по изучению процесса вертикальной миграции радионуклида  $^{60}\text{Co}$  в водонасыщенных почвенных образцах нарушенного сложения одинаковой первоначальной насыпной плотности были получены значения эффективных коэффициентов диффузии ( $D_{эф}^{60\text{Co}}$ ) для относящихся к 4-м типам 8-ми различных минеральных почв.

Были отмечены существенные расхождения значений  $D_{эф}^{60\text{Co}}$  исследованных почв, обусловленные различием почвенных характеристик. Для оценки этого влияния был использован статистический подход, где эдафические факторы, представляющие важнейшие характеристики почв, выступали в качестве исходных переменных (предикторов), а результивным признаком служил  $D_{эф}^{60\text{Co}}$ .

На основании исследования зависимости между основными физико-химическими свойствами почв и величиной эффективного коэффициента диффузии ( $D_{эф}^{60\text{Co}}$ ) выбранные физико-химические показатели состояния почв ранжированы по степени влияния на величину результивного признака:  $\text{pH}_{\text{KCl}} > (\text{фр} < 0.01) > \text{C}_{\text{орг}}$ . Также был определен вклад каждого из выбранных показателей состояния почв (предикторов) в варьирование величины  $D_{эф}^{60\text{Co}}$ . Оцененный вклад для  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , содержание фракции  $< 0.01$  и  $\text{C}_{\text{орг}}$  составил, соответственно, 36.32, 27.90 и 17.08 %. В ходе опытов был установлен факт особенно сильного увеличения величины  $D_{эф}^{60\text{Co}}$  для почв с высоким содержанием гумуса в условиях избыточного увлажнения.

**Ключевые слова:**  $^{60}\text{Co}$ , почвы, физико-химические свойства, полная влагоемкость, вертикальная миграция, коэффициент эффективной диффузии.

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [vsanisimov@list.ru](mailto:vsanisimov@list.ru) (В.С. Анисимов)

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 140-188

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.140  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## “MALDI-FLIP-on-a-chip” and “MALDI-FRAP-on-a-flap”: Novel Techniques for Soil Microbiology and Environmental Biogeochemistry. I – MALDI Chip Fingerprinting (Invited Paper)

Arthur G. Jablokow <sup>a, \*</sup>, Andrew A. Skrynnik <sup>a</sup>, Feodor K. Orekhov <sup>a</sup>,  
Philipp A. Nasirov <sup>a</sup>, Oleg V. Gradov <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institute for Energy Problems of Chemical Physics named after Talrose,  
Russian Academy of Sciences, Russian Federation

### Abstract

Novel approaches for verifying continuity of membranous structures and measurements of nucleus-cytoplasm exchange rates are proposed. Novel approaches for the measurements of lateral diffusion/molecular mobility and bindings using MALDI+FRAP/FLIP hybridization are proposed (“MALDI-FLIP-on-a-chip” and “MALDI-FRAP-on-a-flap”). FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching) is a method for diffusion kinetics measurements in living cells using fluorescence microscopy which allows to estimate quantitatively 2D lateral diffusion in molecularly thin film containing fluorescent-labeled probes, or for single cell examination (i.e. the study of lateral mobility of cellular molecules). Fluorescence Loss in Photobleaching (FLIP) is a microscopic technique predominantly performed using laser scanning microscopy (e.g. for tagged protein local photobleaching by short, intensive laser excitation on CLSM platform) used for the studies on molecular mobility inside the cells and membranes. MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization) is a soft ionization technique used in mass spectrometry, allowing for the analysis of biomolecules (biopolymers such as DNA, proteins, peptides and sugars) and large organic molecules (such as polymers, dendrimers and other macromolecules), which tend to be fragile and fragmented when ionized by more conventional ionization methods (according to encyclopedic definition). The above laser-based technique is readily compatible with MALDI or other LDI using the same laser beam for LDI (for example – MALDI) and FLIP.

**Keywords:** FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching), FLIP (Fluorescence Loss in Photobleaching), MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization), “BIOTYPER”, CLSM (Confocal Laser Scanning Microscopy), LoC (Lab-on-a-Chip).

### 1. Введение

#### MALDI-микробиология и MALDI-таксономия

Общеизвестна применимость методов матрично-активированной лазерной десорбции /ионизации (MALDI, Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization) в идентификации бактерий (Avanzi et al., 2016; Chiu, 2014; Guo et al., 2014; Hammarström et al., 2014; Xiao et al., 2014) на подложках (т.н. MALDI target plates – см. Рис. 1–3) с зонами, на которые раскапываются соответствующие идентифицируемые микробиологические пробы. Раскапывание пробы на мишень (target plates) может осуществляться вручную стеклянным (Рис. 4) или пластиковым

\* Corresponding author

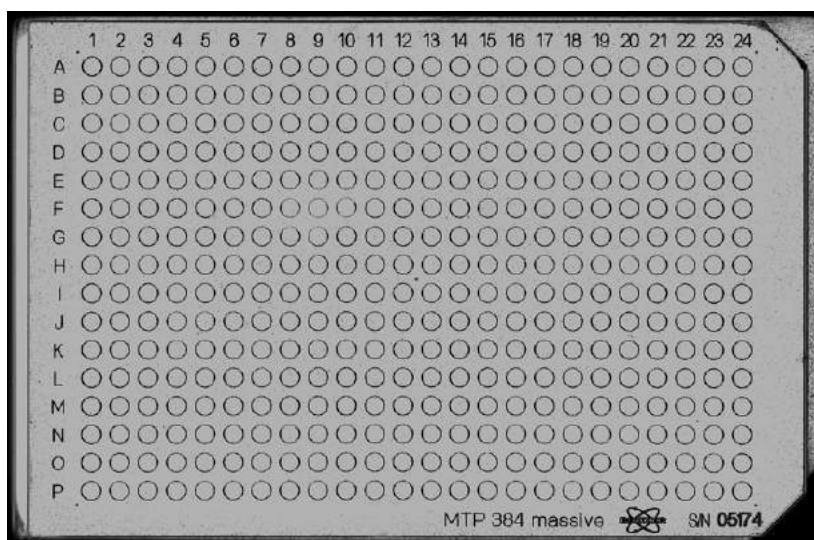
E-mail address: [retromicroscopy@gmail.com](mailto:retromicroscopy@gmail.com) (A.G. Jablokow)



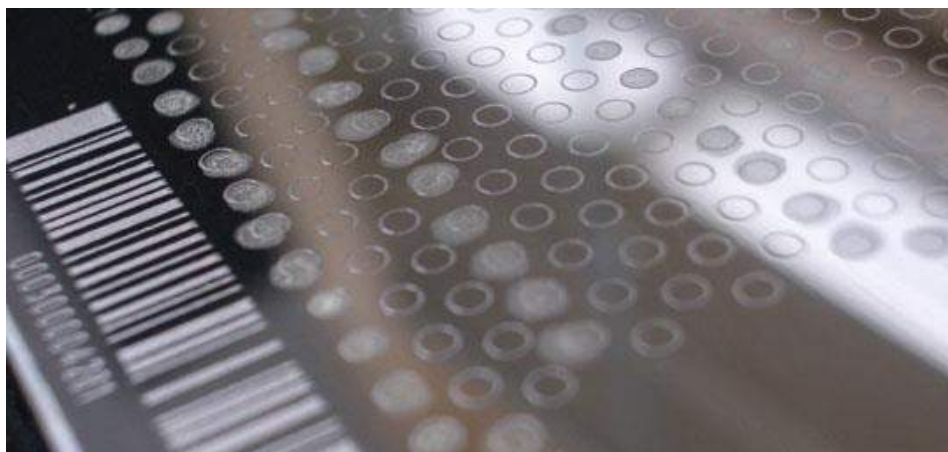
(Рис. 5) наконечником (в последнем случае вероятность загрязнения пробы органическими контаминантами зачастую существенно увеличивается). В идеальном случае, если ставится цель не просто обнаружения, но удельного количественного или полуколичественного сбора данных о содержании целевых веществ в пробах, капли должны быть подобны по объёмам и микрореологическим свойствам, что не всегда удается добиться при ручном дозировании на подложку (Рис. 6). Идентичные капли идентично десольватируются и кристаллизуются (Рис. 7), однако капли, нанесенные с интервалом во времени, к любому моменту времени после их раскапывания имеют разные оптико-рекристаллометрические, десольватационные и микрореологические характеристики (Рис. 8). С позиций статистического анализа данных и метрологии, результатом этого может являться гетероскедастичность в выборке, связанная с различием размеров капель и полноты заполнения лунок на подложке (MALDI target plates / anchor chips) при нанесении вручную; особо эта проблема проявляется при различии типов геометрий лунок (Рис. 9). По существу, продукты дегидратации/кристаллизации аналитов, как коллоидной, так и макромолекулярной (например, полипептидной) природы, с позиций нелинейной физики, представляют собой продукты самоорганизации (Golbraikh et al., 2003; Rapis, 1991, 1995, 2000, 2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008), формирующиеся в случае наличия соответствующих энергетических условий/градиентов, в том числе – при лазерно-индуцированной десольватационной (например, дегидратационной) самоорганизации (Рис. 10). Поэтому форма таких самоорганизующихся структур сильно зависит от условий среды и протокола эксперимента.

## 2. Объекты и методы

Как для коллоидных, так и для надмолекулярных структур, верны утверждения о зависимости строения от условий получения. Переход от ручного нанесения к автоматическим пипетаторам для нанесения «пятен» (известным также как MALDI spotter или MSLDI spotting system – см. Рис. 11, Рис. 12а, 12б), хотя и приводит к улучшению воспроизводимости дозирования и однородности пластины по объёмам заполнения, но не ведет к устранению физических причин десольватационной гетерогенности. Поэтому в ряде случаев измерений нативных образцов и прямой масс-спектрометрии отказываются от цели достижения однородности пятен и, более того, не преследуя цели удельной количественной аналитики, переходят лишь к идентификации наличия того или иного соединения/агента в анализируемом препарате, либо – химической идентификации неопознанного образца или пробы, коллектированной непосредственно в природной среде, по его MALDI-масс-спектрам без сверхсложной пробоподготовки, сопряженной с разделением биологического образца на элементарные идентифицируемые молекулярные компоненты (липиды, белки и т.д.).

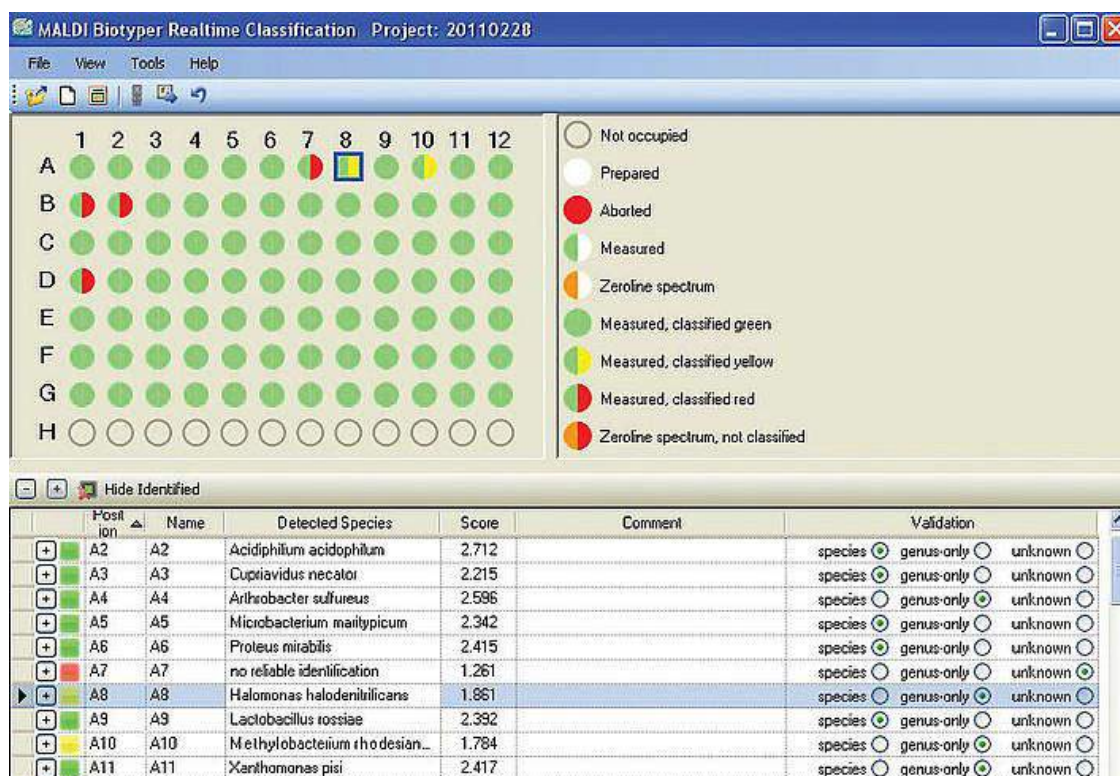


**Рис. 1.** Промышленно изготавливаемая MALDI-мишень MTP 384 с координатной сеткой/матрицей 24X16 с алфавитно-числовой кодировкой позиций считывания (фирма BRUKER)

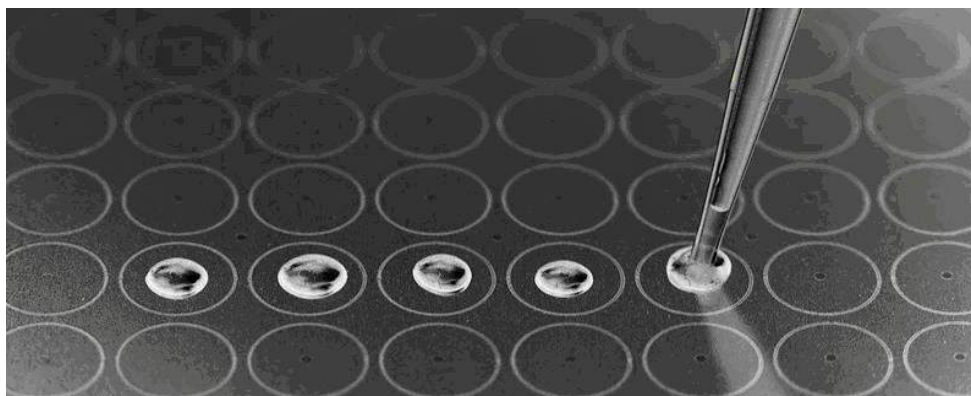


**Рис. 2.** Разновидность MALDI-мишени с машинно-считываемым штрих-кодом

Этот подход часто называют «фингерпринтингом» (по аналогии со снятием отпечатка пальцев для идентификации подозреваемого). Существуют базы данных типа “BIOTYPER”, снабженные библиотеками опорных файлов, соответствующих идентифицируемым видам и иным таксономическим группам и штаммам микроорганизмов, причем базы данных могут как поставляться с прибором, так и приобретаться отдельно для конкретных задач, а формы использования баз данных могут зависеть от конкретных возможностей биоинформатики и хемометрики закупающего их учреждения, поскольку возможно импортирование анализов в другие программные продукты для постобработки (Cunningham, Patel, 2013; Grenfell et al., 2016; Harju et al., 2017; Kim et al., 2017; Rodríguez-Sánchez et al., 2016); например, возможно внедрение усовершенствованных алгоритмов интерпретации или кластеризации измерений (Harju et al., 2017; Rodríguez-Sánchez et al., 2016), что зачастую сопровождается внедрением в пользование таксономически-специализированных библиотек (например – библиотеки для идентификации микобактерий, имеющей не менее трех широко распространенных версий (Rodríguez-Sánchez et al., 2016)), либо увеличением номенклатуры существующих баз данных без изменений основного контента (Harju et al., 2017). Преимущество перед стандартными в микробиологии методами индикации окрашиванием заключается в том, что «биотайпинг», имплементируемый с помощью MALDI, подходит как для грамположительных бактерий, не имеющих внешнюю мембрану (Alatoom et al., 2011; McElvania Tekippe et al., 2013; Schulthess et al., 2014; Veloo et al., 2016), окрашивающихся по методу Г. Грама (окраска генциновым или метиловым фиолетовым с последующей фиксацией раствором йода и промывкой спиртом), так и для грамотрицательных, имеющих её, обесцвечиваемых при промывке в спирте (Faron et al., 2015; Ford and Burnham, 2013; Marko et al., 2012; Schulthess et al., 2016; Wimmer et al., 2012). С позиций почвенной и биогеохимической экологии и микробиологии, позитивно, что «биотайпинг» с использованием MALDI подходит как для аэробных (Faron et al., 2015), в том числе – грамотрицательных аэробных, так и для анаэробных микроорганизмов (Schmitt et al., 2013; Veloo et al., 2016); как для нативных изолятов из среды (Wang et al., 2016), так и для колоний, культивируемых на селективных средах биогенного происхождения (He et al., 2010); как для патогенных клинических изолятов (McElvania TeKippe and Burnham., 2014), так и для водных/ихтиопатогенных микроорганизмов (Kurokawa et al., 2013) и почвенных и ризосферных микроорганизмов (Uhlik et al., 2011;). Пример графического интерфейса GUI программы идентификации/классификации в реальном времени (MALDI Biotyper Realtime Classification для масс-спектрометров Bruker “Microflex” и “Autoflex”) с сайта отечественного дистрибьютора [<https://биотайпер.рф/biotyper>] приведен на Рис. 3.



**Рис. 3.** Процедура МС-измерения и идентификации с кодированной MALDI target plate



**Рис. 4.** Раскапывание стеклянным наконечником на мишень (anchor chip) Bruker Scout 384



**Рис. 5.** Раскапывание пластиковым наконечником на мишень (anchor chip) SHIMADZU

Таким образом, достигается возможность идентификации микроорганизмов в режиме реального времени без окрашивания. Однако нанесение образца на лунки мишени является ограничивающим и в этом случае, так как, как можно видеть (Рис. 3), идентификация не может быть осуществлена без привязки к конкретным координатным меткам (A1 – A12; B1 – B12.; C1 – C12; D1 – D12; E1 – E12; F1 – F12; G1 – G12; H1 – H12), часть из которых берется как нулевая линия при калибровке (Zeroline spectrum / Zeroline spectrum, not classified). Поэтому возможности исследовать цельные структуры биосферного происхождения – биопленки, бактериальные маты, элементы строматолитов, любые иные пробы гетерогенной биомассы большего (чем размеры лунок) масштаба\* – с помощью координатных пластин для MALDI-MS (MALDI target plates / anchor chips) нет. Аналогичное утверждение относится и к многим биокосным комплексам, точнее – их пробам (например – почвам с микроорганизмами, без внедрения которых в образец забор проб естественных почв невозможен). Частично данную проблему решает внедрение методов MALDI-имэджинга, которые в ряде имплементаций по геометрии приближаются к методам микроскопии, имплементируемым на общедоступных у биологов предметных стеклах в совместимых с ридерными отсеками рамках – фреймах (Рис. 13). Также в данные рамки входят некоторые счетные камеры: Предтеченского, Тома-Цейсса (Thoma-Zeiss), Бюркера, Нойбауэра, Горяева, Малассе (гемоцитометрические) и пр., которые могут считываться не только MALDI, но и иными лазерными ридерами, для многих которых они являются пассивными аналитическими чипами (Notchenko and Gradov, 2013; Градов и Нотченко, 2012; Нотченко и Градов, 2011; Нотченко и Градов, 2012).

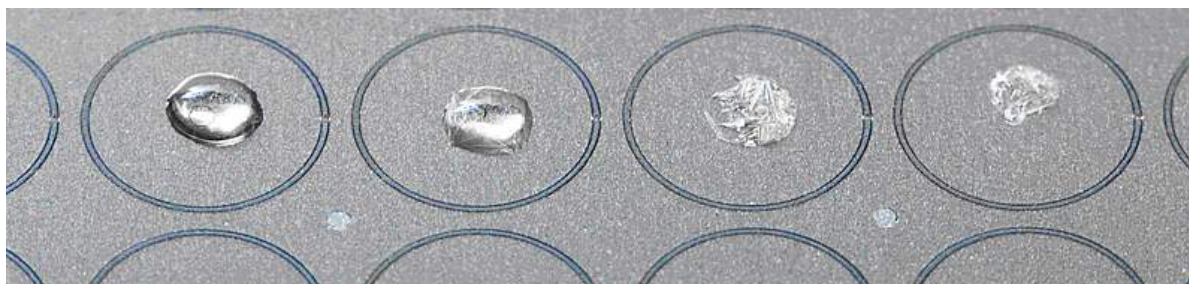


**Рис. 6.** Почти «идеальное» состояние капель после нанесения на мишень (anchor chip) при оптимальной гидрофобности поверхности и допустимой ошибке ручного дозирования. При ручном дозировании ошибка может достигать десятков процентов от объема капли

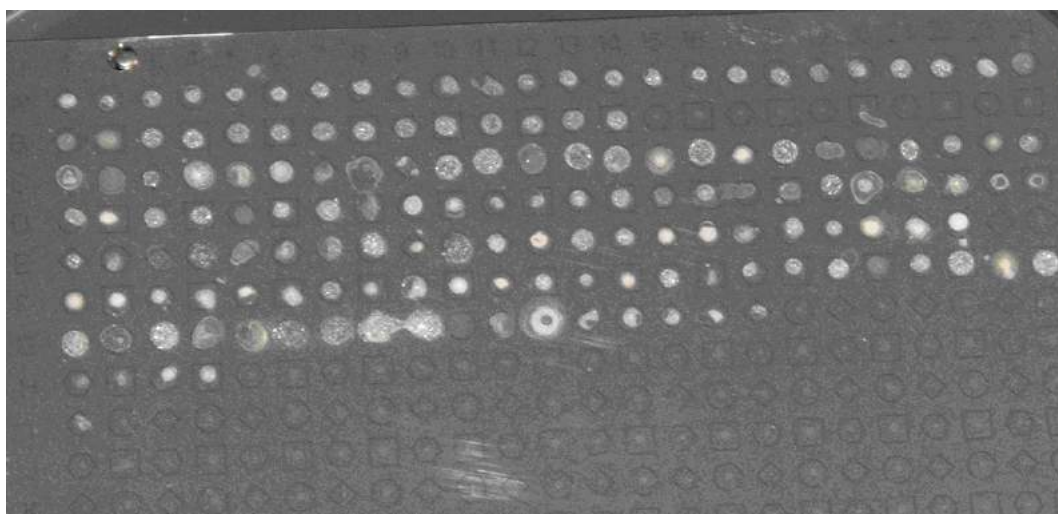


**Рис. 7.** Идентичные капли идентично десольватируются / кристаллизуются

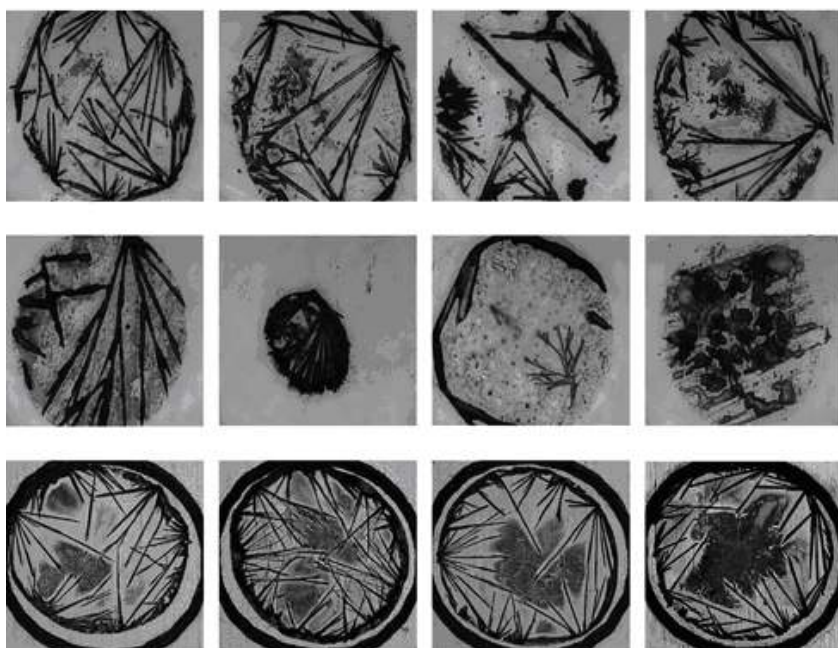
\* Как известно, масштабная стратификация важна для точной геоэкологической и биогеохимической классификации природных объектов этого типа. Те же вышеупомянутые строматолиты, как известно, делятся на микростроматолиты – до 1 мм, министроматолиты – до 1 см, мезостроматолиты – до 10 см, макростроматолиты – до 1 м (далее идут нерелевантные для структурного анализа мегастроматолиты и гигастроматолиты – до 100 м и до 1 км соответственно). Микростроматолиты уместаются в лунки на масс-спектрометрической подложке, министроматолиты и мезостроматолиты или, что корректнее, их срезы – в камерах MALDI масс-спектрометров, но уже не уместаются на одиночных лунках и не дают возможность калибровки в заданной нулевой лунке.



**Рис. 8.** Капли, нанесенные с интервалом во времени, к любому произвольно взятому моменту времени после раскапывания имеют разные оптико-рекристаллометрические, десольватационные / дегидратационные и микрореологические характеристики



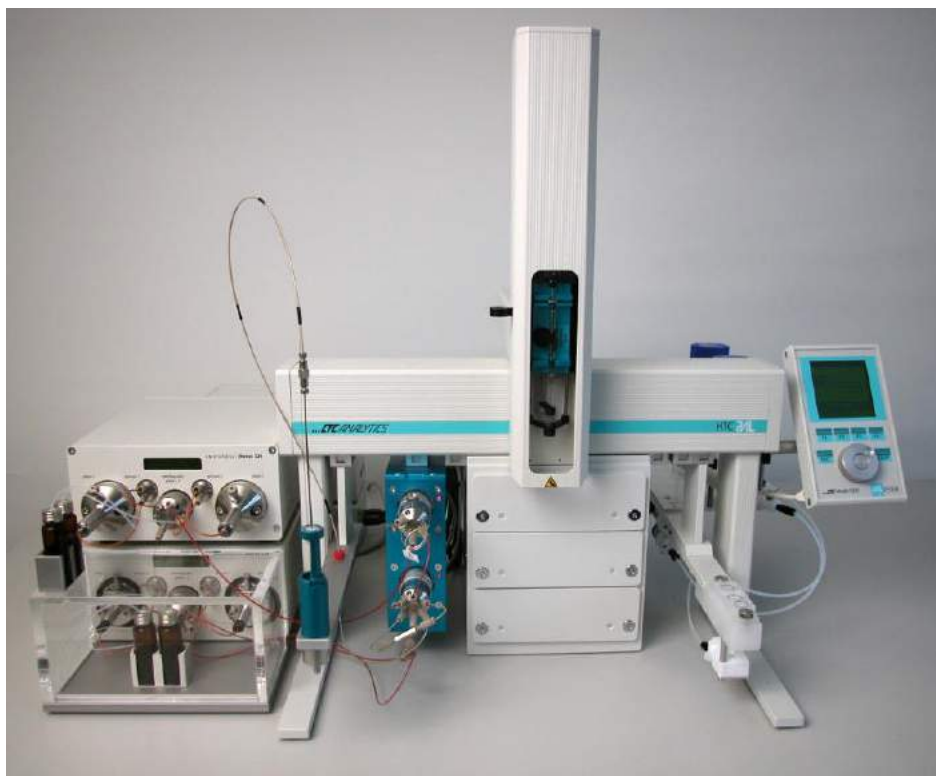
**Рис. 9.** Статистико-квалиметрический / метрологический пример различия формы и размера капель, а также полноты заполнения лунок «чипа», при нанесении вручную на мишень с разной геометрией и ориентацией позиций / лунок (круглая, квадратная, ромб)



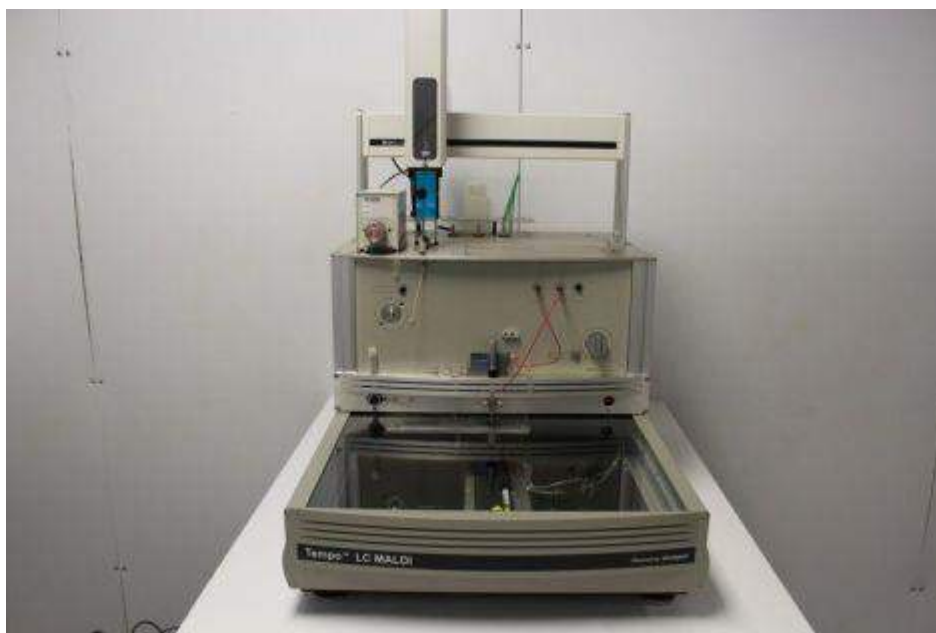
**Рис. 10.** Результаты десольватации на MALDI-подложке подобны структуре фаций при клиновидной дегидратации в морфологии биологических жидкостей и биокристалломике.

### **Проблема картирования: анализ колонии/клеток или биосистемы?**

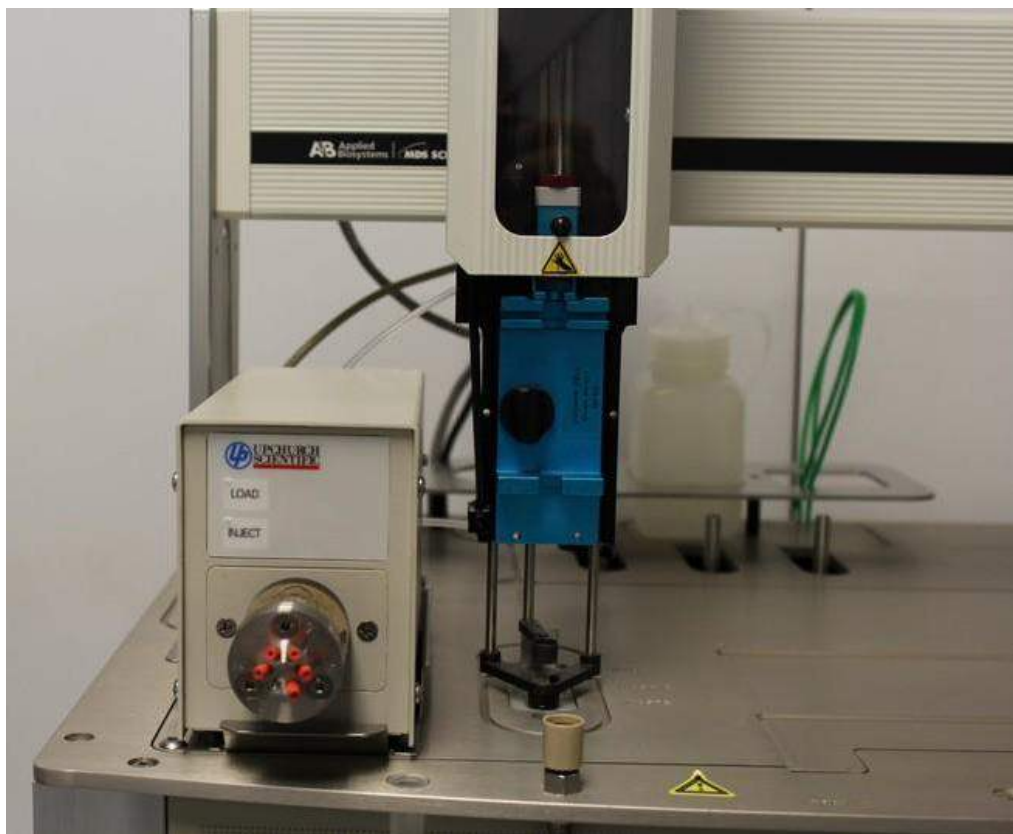
Надо сказать, что отдельно использование MALDI для анализа компонент почвенных сред является достаточно стандартизированной процедурой, применяемой для химического профилирования почвы по отдельным загрязнителям (Ivanova and Spiteller, 2015; Ivanova, 2016; Tsirogianni et al., 2005) и определения отдельных биохимических компонент в среде, в частности – белков вирусных капсид, определяющих наличие последних в пище, воде, почве и иных биогенных, абиогенных и биокосных средах (Hartmann et al., 2015). Однако, большой проблемой является то, что данный метод не является позиционно-чувствительным, то есть указать локализацию отдельных компонент в конкретных клетках микроорганизмов или же культурах клеток, а тем более – колокализацию разных компонент в одной культуре, вообще говоря, невозможно. Для этого, в идеале, нужно использование техник масс-спектрометрии, в которых обеспечивается пространственное разрешение на уровне одиночных клеток, что в случае микронных размеров объекта исследования, задающих необходимую дискретизацию, является проблемой. На данный момент среди техник SCMS (“Single-Cell Mass Spectrometry”) в биоаналитике на живых клетках (Masujima, 2009), адекватных витальному окрашиванию в колориметрических позиционно-чувствительных методиках индикации микроорганизмов, не существует техник, работающих на уровне микроструктуры популяций микроорганизмов в естественных условиях. Указанные методы допускают: регистрацию пептидных профилей с разрешением на уровне одиночной эукариотической клетки (Li et al., 2000), регистрацию и квантификацию пептидов межклеточного сигналинга (Rubakhin and Sweedler, 2008); анализ содержания микроэлементов (при использовании фемтосекундной лазерной ионизации) на слайсах тканей с индицируемыми клетками или в культурах клеток (Gao et al., 2013); солей и комплексных соединений, таких, как цис-диамминдихлороплатина или, что эквивалентно, соль Пейроне – комплексный хлорид-аммиакат двухвалентной платины (Chang et al., 2015); распределение биоаналитов в пористых носителях, подобных минеральным металлогенным (Fu et al., 2016); анализ следовых количеств / «трейсеров» при ионизации, технологически основанной на принципах нанопотоники (Walker et al., 2012); липидное профилирование в мембраносодержащих структурах (Mach, 2012); углеводное МС-профилирование на уровне до субпиколитровых образцов (Gholipour et al., 2008); и т.д. Поэтому существенного смысла в MALDI-имэджинге микроорганизмов их естественной геохимической среды до разработки способов имэджинговой масс-спектрометрии одиночных микроорганизмов – не имеется. Известные до текущего времени техники совмещения естественного высокоразрешающего имэджинга с масс-спектрометрией (напр., электронного микроскопа с масс-спектрометром, в чем у отечественных ученых имеется приоритет; группа В.Л. Тальрозе занималась этим более, чем два десятилетия назад), хотя и дают возможность установления колокализации стандартного имэджинга с позиционно-чувствительными данными масс-спектрометрии, но не дают сопоставимой точности либо сопоставимого пространственного разрешения в масс-спектрометрической карте, накладываемой на карту стандартного имэджинга (СЭМ / ПЭМ). Однако, возможно, для исследования в биогеохимическом и почвенно-микробиологическом ключе нет надобности в разрешении на уровне одиночной клетки, тем более – если целями исследования является микробное сообщество как система и химизм обратных связей в ней.



**Рис. 11.** PAL-MALDI-споттер



**Рис. 12а.** Жидкостно-хроматографический MALDI-споттер (от 1 нанолитра; частота скапывания = 4 Гц; скорость – от 200 нл/мин; максимальный размер пятна = 1 мм)



**Рис. 12б.** Дозирующий узел споттера “Applied Biosystems”, изображенного на рис. 12-а

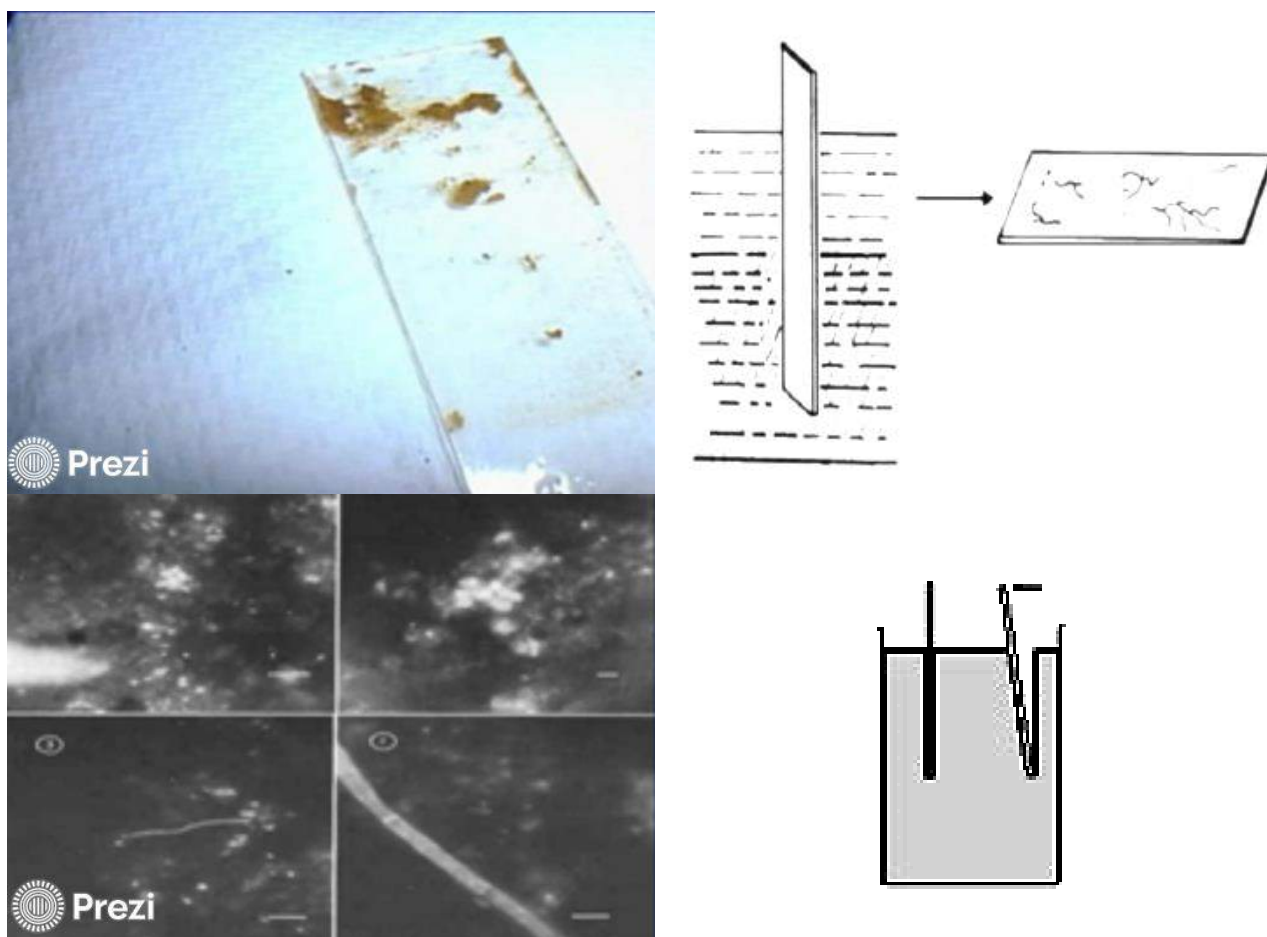
### 3. Результаты и обсуждение

#### **Использование почвенных пластинок обрастания и почвенных камер по системе Росси-Холодного как MALDI-мишеней и альтернативный принцип мультиплексного детектирования микрофлоры почвы на активных чипах**

«...Углубленное изучение физиологии и биохимии микроорганизмов на основе чистых культур, дополненное геномикой и протеомикой, заставляет студентов забывать о больших системах, в которых действуют микроорганизмы» - писал акад. Г.А. Заварзин – крупнейший авторитет в геохимической экологии микроорганизмов и природоведческой микробиологии современного периода развития (ранее следовал этап, в котором *naturwissenschaftlichen und technischen mikrobiologie* уже существовали, а о геномика и протеомика еще не выделились в роли лидеров ещё не существовавшего тогда омикского тренда из молекулярной биологии – см., напр.: (Hirte, 2016)) в общеизвестных «Лекциях по природоведческой микробиологии» (Заварзин, 2003). Там же он писал: «...сообщество с химической точки зрения определяется термодинамикой и кинетикой осуществляемых окислительно-восстановительных реакций»; «для микробного сообщества главную роль при этом играет молекулярная диффузия» (Заварзин, 2003) и, как естественное следствие отсюда: «первая задача для микробиолога при решении задач экологии микроорганизмов ... в том, чтобы определить направления движения вещества» (Заварзин, 2003). Таким образом, очевидна потребность в методах отбора и подготовки биоматериала, в частности – микробиологических препаратов, из естественной среды с сохранением системы физико-химических связей между клетками, проявляющихся в: сопряженных межвидовых и популяционных (а рамках парагистологии сообществ по Г.А. Заварзину) редокс-процессах, межвидовом переносе электрона, молекулярной диффузии, синтрофии и т.д. Это нужно для обеспечения исследуемости межвидовых (теоретически, и межштаммовых) взаимодействий в изолированном из среды препарате микробного сообщества / экосистемы. В дальнейшем – менее важно то, каким методом, позволяющим получить соответствующие вышеописанному списку сведения, будет исследоваться тот или иной образец, но желательна совместимость с множеством методов, что не всегда достижимо при использовании одиночных кювет, чипов и т.д.,



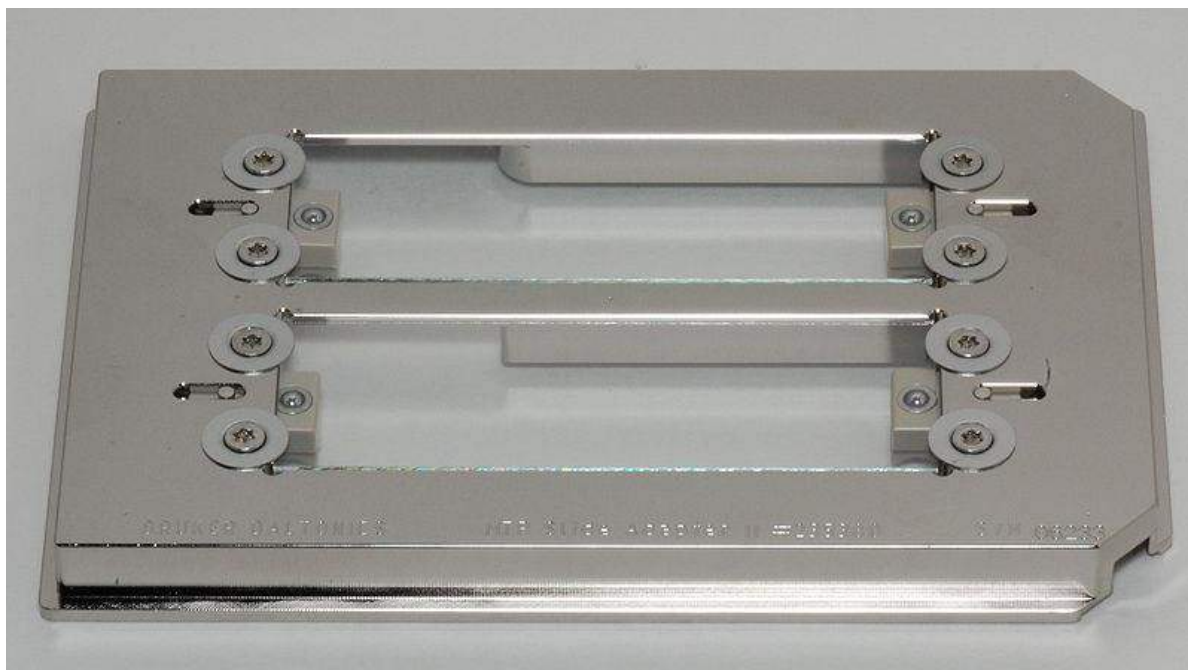
специализированных для какого-то определенного метода (например – MALDI). Цель унификации – возможность анализа множеством методов без переноса образца из кюветы в кювету или с картриджа для метода А на картридж для метода В, во избежание изменения и нарушения структуры связей в сообществе, поскольку обратное может вести к артефактам. В связи с прогрессированием и специализацией аналитической техники, возможно, логичным было бы возвращение к более ранним геометрия устройств забора образцов в естественной среде, не являющимся узкоспециализированными для решения задач на конкретных даже не марках (что свойственно современному коммерческому тренду), а типах приборов.



**Рис. 13.** Внешний вид и принцип действия пластинок обрастания Росси-Холодного (Diaz, 2013; Coffman, 2014; Kumari, 2014; Faryal, 2014)

Известно, что для отбора микробиологических проб в естественной биогеохимической обстановке, в частности в почве, болотных средах и т.д. в XX веке использовались пластинки обрастания, разработанные Н.Г. Холодным, представлявшие модифицированные пластинки метода Росси, экспонировавшиеся в течение длительного времени (в классической версии, в частности, описывавшейся В.Л. Омелянским – от трех недель) в среде / почве (это же может производиться в лабораторных условиях в почве, размещенной в специальных сосудах – как в методе Кона), после чего подвергавшиеся микроскопированию (иногда с культивацией во влажной камере – как в методе Крючковой, в т.ч. – с подсчетом по методу Виноградского), а также анализу посредством выращивания на элективных средах (пример: метод Гильтнера-Штермера) либо добавления питательного раствора напрямую в почву на пластинке – как в видоизмененном методе Реми (по Фишеру, Фогелю, Коху и др.). Достаточно полный список с описанием особенностей каждого метода дан Омелянским в 1922 г. в первом русскоязычном методическом пособии по практической микробиологии, переизданном с дополнениями, в том числе в этом разделе, в 1940 г. (Омелянский, 1940). Также данная тематика затронута

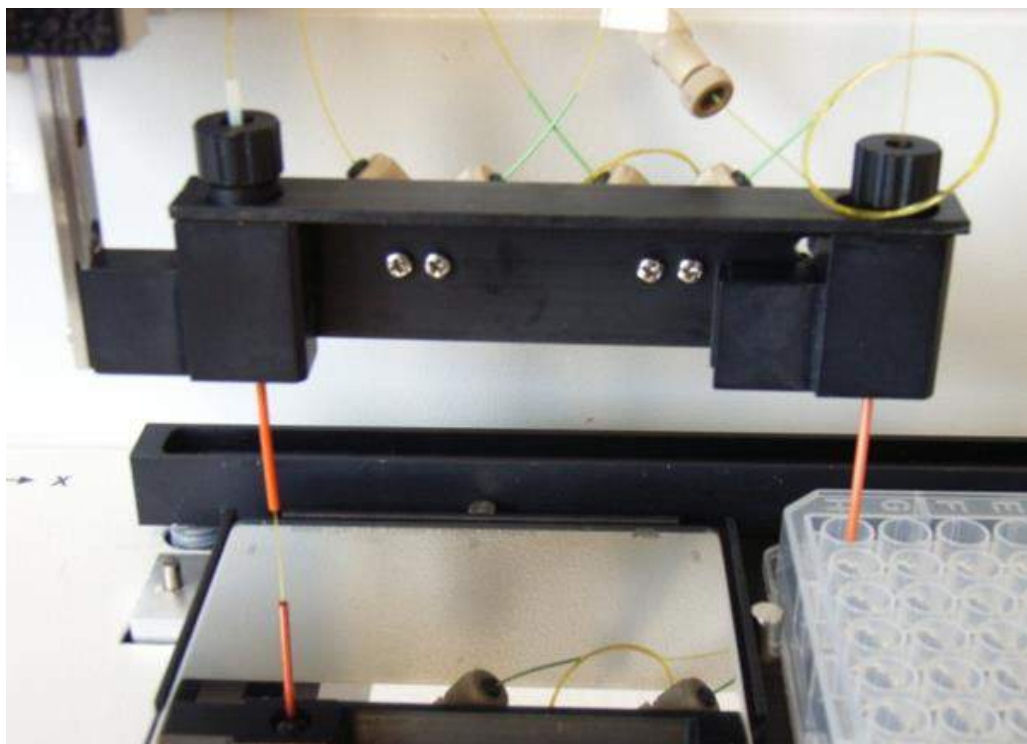
им в кратком курсе общей и почвенной микробиологии (Омелянский, 1929). Можно полагать, в соответствии со статистикой цитирования и использования данных методов, что эта техника была популярна у советских почвоведов и почвенных микробиологов, начиная с 1930-1940-х гг., однако основное развитие указанные техники получили в Европе и, отчасти, позднее – в США. Преимущественное развитие в Европе, в особенности – в Германии, было связано, по очевидным соображениям, с тем, что работы отцов-основателей данного направления, в том числе – Н.Г. Холодного, были опубликованы на немецком языке (Cholofny, 1928, 1929, 1936) или, по крайней мере, в немецких журналах (Cholodny, 1934), а немецкий язык выполнял до (по) 1930 гг. функцию доминирующего в науке, что обуславливалось высоким уровнем работ немецких авторов и качеством немецкого приборостроения, обеспечивавшего этот уровень. Впоследствии много работ с использованием пластинок обрастания и почвенных камер типа Росси-Холодного было выполнено в англоязычных и иных странах; они были опубликованы в англоязычных журналах (D'Aeth, 1939; Blair, 1943; Oppenheimer & ZoBell, 1952; Sulochana, 1952; Chesters & Thornton, 1956; Coole, 1956; Jannasch, 1958; Durbin, 1961; Agnihothrudu, 1962; Forest, 1962; Hirsch & Pankratz, 1970; Palmer, 1970; Prasad, 1977; Nair, 1979; Pipe & Cullimore, 1980; Cullimore & Pipe, 1980; etc.). При этом исследованию подвергались не только обычные для данного метода объекты – почвенные бактерии, но и почвенные микроводоросли, грибы и их споры, и почвенные простейшие, которые могут быть фиксированы или адгезированы на пластине или в почвенной камере. За прошедший век разработан ряд вариаций методов, делающих пластины, камеры Росси-Холодного и почвенные камеры более удобными для их последующего исследования. В частности, были разработаны методики имплантированных слайдов (Pipe & Cullimore, 1980), пластинок обрастания на базе полиэтилентерефталата (т.е. полиэтиленгликольтерефталата, также известного как лавсан, майлар, хостафан, мелинекс), являющихся одноразовыми, в противовес стеклянным и кварцевым прототипам (Moshynets et al., 2011), пластинок обрастания на базе мембранных фильтров (Jannasch, 1958), а также – в наиболее прогрессивной версии – совместимых с электронной микроскопией пластинок на базе стандартных сеток для фиксации образцов просвечивающей электронной микроскопии (Hirsch & Pankratz, 1970). Однако основной и наиболее доступной версией для специалистов долгие десятилетия являлись пластинки на основе обычных предметных стекол. Типичный внешний вид и принцип действия такой пластинки обрастания на базе предметного стекла с адгезированными в результате экспонирования фрагментами почвы и микрофлоры показан на рис. 13. Эта техника является популярной до настоящего времени в латиноамериканских и иных неанглоязычных странах, а подобные изображения кочуют из одной презентации в другую (Diaz, 2013; Coffman, 2014; Kumari, 2014; Faryal, 2014). В MALDI-имэджинге есть ряд специализированных устройств, которые по входному каналу вполне совместимы с данным типом пластинок обрастания, представляя собой рамку с микровинтовыми фиксаторами для зажима предметных стекол, как это показано на рис. 14. Это является более прогрессивным и неразрушающим методом, так как нанесение анализа осуществляется не путем дроблетно-диспергирующей инфузии из пробоотборника или 96-луночных планшет (как это показано на Рис. 15), а естественным путем, за счет физико-химических взаимодействий в природной среде (хотя проблема совместимости с MALDI этим не решается в полной мере, поскольку на практике приходится обеспечивать совместимость полимерной матрицы и техник фиксации/адгезии между биопленкой и подложкой, что опосредованно полимерной матрицей).



**Рис. 14.** Кассета MALDI imaging target, состоящая из фиксатора и предметных стекол.  
Источник: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MALDI\\_imaging\\_target.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MALDI_imaging_target.jpg)



**Рис. 15а.** Программно-аппаратный комплекс для программируемого нанесения проб для MALDI-имэджинга (SunCollect Systems – с сайта CHEMEUROPE.COM)



**Рис. 15б.** Непрерывное нанесения элюата на пластину напрямую из 96-луночных плашек

Однако существует ряд очевидных проблем, не позволяющих использовать пластинки обрастания и почвенные камеры Росси-Холодного по прямому назначению – для реального *in situ* (в реальном масштабе времени, “online”) анализа почвенной микробиоты. Во-первых, невозможность наблюдения за состоянием колонии / биопленки в реальном времени, в силу нахождения образца в природной почвенной среде, делает невозможным мониторинг ряда ключевых показателей роста и реконструкцию его кинетики. Для приготовления препаратов в рамках визуализации т.н. «микробных пейзажей» (по Теппер) требуется пробоподготовка, занимающая много часов времени и не являющаяся неразрушающей (по отношению к тому либо иному множеству микроорганизмов и фрагментов биокосной естественной среды). Во-вторых, потребность в окрашивании (зачастую – селективном окрашивании) микрофлоры в целях обеспечения эффективного подсчета при микроскопии (особенно – люминесцентной) смещает реальные биохимические характеристики компонентов микропрепарата, благодаря чему эффективное окрашивание и популяционный (популяционно-видовой) анализ пробы становятся антонимами её компартментного биохимического анализа. В-третьих, отсутствие кинетических коррелятов (в силу отсутствия телеметрической передачи данных с пластинки обрастания или почвенной камеры на ресивер) делает невозможным реконструкцию стадий развития колонии / микробной популяции / биопленки / микробного мата, а от стадийности зависит химизм и характер интерпретации химизма данного образца, репрезентируемой им природной среды и адекватность их некоторой стандартной модели (обратно коэффициенту невязки). Мы не можем понять на какой фазе (лаг-фазе или иной) находится популяция, что ведет к тому, что: наблюдая результат выемки образца в отдельной временной точке, нельзя определить принадлежность этой точки к тому или иному кинетическому интервалу и – как следствие – реальную объективную характеристику состояния образца и природной среды в биогеосистемном / биогеохимическом смысле, то есть – охарактеризовать оптимальность по критерию воздействия на рост популяции данной среды и фенологические ритмы роста для данного типа среды, от чего зависит динамика продукционных процессов (биопленок, матов и пр.), элективных или специфичных по биогеохимическим критериям к ней как к субстрату либо действующему агенту регуляции (Ризниченко, Рубин, 1993; Ризниченко, Рубин, 2004). В-четвертых, все попытки использования селективной выемки одиночных пластин в разные временные интервалы при массовой (до нескольких тысяч) закладке, приводят (не говоря о трудоемкости этого подхода) к постепенному изменению размеров выборки, статпараметров

и гетероскедастичности результатов разных прогонок. Допустим, итоговый результат счета / цитометрии определяется для 50-100 пластин, прошедших полный курс контаминации (3-7 месяцев), а в ходе эпизодического анализа за данный период времени осуществлялись пять-десять выборочных (вопрос «по какому критерию отбирались пластины» решить нельзя, по причине субъективности визуальных оценок микробной контаминации в полевых условиях) выемок при разных (не контролируемых на уровне индивидуальных пластин или в целом на экспериментальном поле) условиях, причем исходное число пластин было порядка от сотен до тысячи с лишним. В ходе гидробиологически и фенологически обусловленного («средой обростания») изменения численности одних микробных популяций относительно других [в силу конкуренции; полной элиминации ряда видов из-за неоптимальности климатических или иных средовых (биогеохимических/биогеосистемных) условий; физически-различной устойчивости данных видов/популяций к процессам пробоподготовки на разных стадиях и фазах выемки (то, что почвенная среда с микроорганизмами подчиняется законам адгезии и сорбции / десорбции, диффузии и многофазной адвекции, электростатическим принципам, статистике дисперсных систем и частиц – признанный с XX века факт, требующий анализа с позиций физической и коллоидной химии)]; индивидуальной реактивности-резистентности отдельных колоний/микроразнообразий, картируемой по областям их локализации в почве, в силу аллелопатии] произошло многократное неоднонаправленное смещение баланса среды, включая определяющие состояние статистики популяционно-биохимические показатели, в результате чего выборки ранних этапов и выборки поздних этапов выемки («разнофазные») являются статистически несовместимыми при прочих равных. Очевидно, что преодоление в корне факторов статистической нерепрезентативности и кинетической несовместимости для биогеосистемного микробиологического комплекса данного эксперимента осуществимо не в рамках унификации биогеохимических и аллопатических условий в поле (до уровня чистого лабораторного эксперимента), а в рамках учета полного комплекса факторов и телеметрии / центрифужного кинетического анализа для скоррелированного анализа разных популяций / колоний различного таксономического и геоэкологического характера. Для этого необходим аппаратный базис, включающий в себя, как минимум: совокупность активных сенсоров с не менее, чем одним картирующим распределение плотности популяции элементом; ресивер и передатчик для сбора данных с временным разрешением; программно-аппаратный модуль / драйвер для многоканального синхронного анализа (сбора-обработки) данных и отправки их в память ПК для последующей обработки в статистических пакетах с установлением различий в локализации и колокализации соответствующих переменных на карте, зарегистрированной позиционно-чувствительным сенсором.

Нами были предложены технологии аппаратного обеспечения вышеуказанных задач и способы анализа, удовлетворяющие вышеуказанным требованиям. В частности, в качестве позиционно-чувствительного (картирующего) сенсора было предложено использовать ПЗС- и КМОП- матрицы, чувствительность которых в интегрирующем режиме (или режиме счета фотонов с интегрированием по времени) достаточна для анализа хемилюминесценции либо (тождественно) биолюминесценции микробных популяций и сопряженных с ними сред или биогеохимических / биогеосистемных (не только косных) субстратов. Это – технологические принципы люминесцентной безлинзовой микроскопии. В качестве измерительной системы с многими датчиками использовались герметизированные в полимерный носитель схемы на современной элементной базе, однако этот подход не позволял картировать образец. В связи с этим, был осуществлен переход на уровень тонкопленочной (в том числе – спин-коатинг с интеркалированными сенсорными агентами) технологии (Gradov and Jablov, 2016; Gradov, 2017). Данные аналитические системы на интерфейсе матрица-почва или, точнее, матрица-покровное стекло-почва (электрохимически-обезопасенном от сбоев) позволяли не только картировать распределение плотности популяций частиц / микроорганизмов и проводить в реальном времени их (условную, если по флуоресцентному гало) «гранулометрию» (то есть – цитометрию в случае кокковых форм), но и взаимно-однозначно сопоставлять различные по физической природе переменные на их пиксельных картах в псевдоцвете (pseudocolor) и ASCII-представлении кодов дескрипторов, устанавливая колокализацию последних. Чистое оптическое детектирование было применено для анализа отдельных модельных микробных и микологических дрожжевых форм с временным разрешением, что позволило говорить не

только о фиксации отдельных точек состояния системы (временных срезов), но и о развитии и физиологических его механизмах. Например, осуществимо применение «микроскопии на чипе» в реальных условиях для кинетической морфометрии грибов-микромикетов на чипе, фиксации морфогенеза и кинетики хронологического (или клонального) старения дрожжей (Градов и др., 2017а), а в экспериментальных условиях возможна регистрация методами лазерной видеомиллиосмометрии голофитного (осмотрофного) питания дрожжей на чипе (Градов и др., 2017б).

Первые агро-почвенные и эдафологические закладки чипов чисто оптического плана осуществлены в 2010-2012 гг. (Градов, 2012а–в; Gradov, 2012), причем трансляция велась по телеметрическому каналу (2.4 ГГц, 1.9 ГГц и альтернативные частоты приемопередачи). Приборы лабораторного применения с лазером или спектральнонабором лазеров в качестве источника излучения проекции имели в программном обеспечении возможность определения стадий жизненного цикла (и деления например, с различением цитотомии и цитокинеза) клеток (Oganessian et al., 2015; Градов, Нотченко, 2017). В приборах полевого применения специального назначения был внедрён качественно-новый селективный радиовизиографический принцип визуализации паттерна радиоактивной контаминации почв – на базе тонкослойных сцинтилляторов с различным квенчинг-фактором для отличных типов излучений (Градов, 2015а). Для идентификации на планарной поверхности результирующего сенсора микроорганизмов (грамположительные/грамотрицательные) был использован магнитооптический преобразователь («flux-detector» без перехода через точку Кюри – для полевых условий или совместимый с MALDI лазерный вариант с переходом через точку Кюри – для специфицированных лабораторных условий), в результате чего была имплементирована возможность сопряжения описанного комплекса с магнитной вариацией методик окрашивания по Граму (Budín et al., 2012).

Очевидно, что использование планарной или поверхностно-структурированной схемы межфазового сопряжения почва-интерфейс, в которой интерфейсом является поверхность с заданными свойствами, определяемыми свойствами используемых микропреобразователей, обеспечивает возможность проведения кинетических измерений в реальном времени (т.е. *in situ* – в биологических терминах) без обработки красителями и цитометрическими метками, давая возможность последующего анализа методами атмосферной масс-спектрометрии при использовании лазерной десорбции-ионизации (не обязательно только MALDI). Принципы совместимости оптических флуоресцентных измерений с MALDI была описана коллективом разработчиков в 2014-2016 г. (Orekhov et al., 2016), однако исследования не были доведены до решающей стадии в силу организационных причин. До этого была предложена методика сопряжения флуоресцентных кинетических и мембранно-электрофизиологических работ на биоматериале (Alexandrov et al., 2015), позволяющая, в частности, отличить физиологически активные клетки (в том числе – клетки микроорганизмов при планарном популяционном патч-клампе на чипе) от неактивных. Вместо полимерных матриц для MALDI рационально в ряде случаев использовать собственные свойства частично-упорядоченной почвенной среды (рассматриваемой как фон и как реактивный агент одновременно), чтобы обеспечить метод прямой масс-спектрометрии для атмосферного применения в нативной кондиции образцов, однако до разработки алгоритмов для этой задачи в рамках имевшихся условий дойти мы не имели возможности. Теоретически, решение задачи неинвазивных исследований клеточных структур (в том числе – колоний микроорганизмов) в данном контексте совместимо также и с микроскопией без флуоресцентного окрашивания (Skrynnik, 2015), которую разрабатывал до сокращения с полставки бывший сотрудник ИНЭПХФ РАН Скрынник, которому были по этой причине переданы так и не принесшие эффекта в данных условиях оптическая скамья и лазерные столы, азотные и твердотельные лазеры, оптомеханика, модуль прокачки лазера на красителях, комната с подводкой для насосов, микроспектрофотометр, оборудование для измерений. В настоящее время работы приостановлены, а институт терпит реорганизацию с присоединением в состав ФИЦ; комната расчищается для установки масс-спектрометра для приложений, не имеющих отношения к тематике настоящего исследования и тематике исследований Скрынника. В данных условиях мы считаем целесообразным опубликовать некоторые не только базовые / экспериментальные результаты, но и пропозициональные пункты программы исследований и разработок в данной области. Работы по MALDI-совместимой микроскопии на чипах нами были продолжены в усеченном варианте – в

формате безлинзовой микроскопии на чипах с лазерным сканированием (что даёт возможность использования чипов также как сенсоров в задачах почвенной реологии и микрокриологии почв, по аналогии с целями смежных работ (Orehov, Gradov, 2017; Zaytsev et al., 2017), однако их масс-спектрометрический аспект сведен к нулю.



**Рис. 16.** Идентификация по штрих-коду перед биотайпингом. Возможность избежать этого достигается в предлагаемой нами схеме за счет регистрации комплекса иных физических свойств образца в целом и сверхточной комплементарной идентификации конкретного образца или типа образцов по базе данных с несуррогатным ключом, определяемым собственными физическими параметрами объекта в их уникальном сочетании

Из развивавшегося масс-спектрометрического и имэджингового направления осталась алгоритмика и идеология фингерпринтинга, адекватная аналогичным методам для других наборов данных. В качестве наборов данных используются, однако, не масс-имэджинговые паттерны, а паттерны распределения физических свойств, полученные путем конвертации в аналоговых тонкопленочных преобразователях неоптического сигнала в оптический сигнал с позиционно чувствительностью, обеспечиваемой дискретной структурой преобразователей или/и дискретной (пиксельной, сенсельной, ресельной) структурой ПЗС-/КМОП-детекторов (Градov, 2016). При этом в качестве носителя преобразователя может использоваться среда проращивания микроорганизмов, а её структурные свойства (как soft matter, включая почву) могут использоваться как основа для естественной самосборки микрофлюидных топологий, обеспечивающих межклеточный массоперенос в условиях экспозиции (Градov, 2015б). Этот, по существу, эмерджентный подход, сопрягающий формирование чипа и экспонирование в почве, идентификацию и измерение в реальном времени по «онтологически-имманентным объекту исследования» дескрипторам, модификацию поверхности и самомодификацию или сопряженную (а следовательно – метрологически-самоскомпенсированную) модификацию объекта исследования и предмета исследования (синхронизированным изменением пулов дескрипторов) обеспечивает корректность исследований в реальном времени (относительно измерения после выемки на масс-спектрометре) и в комплексе (при алгоритмическом учете всех перечисленных факторов, что является, само по себе, сложной нерешенной задачей) не уступает иным одиночным физическим методам по теоретически-исчислимой корректности идентификации.

### Целесообразность внедрения гибридных активных чипов, совместимых с MALDI / LDI в биогеосистемный анализ с микробиологическими базами

Целесообразность использования устройств, совмещающих в себе свойства пластинок обрастания и почвенных камер со свойствами активных детекторов и мишеней для MALDI или иных LDI обуславливается широким диапазоном применимости образцов-прототипов – самих приборов Росси-Холодного. Ниже приводятся некоторые чисто библиографические и справочные по своей неполноте примеры использования почвенных пластинок и камер для анализа природных сред:

1. Исследовались собственно почвенные микроорганизмы, в том числе для технической или прикладной микробиологии (Hirte, 1965; Prasad, 1977; Cullimore, Pipe, 1980).
2. Исследовались почвенные грибки (D'aeth, 1939; Chesters and Thornton, 1956) и споры грибов (Nair, 1979), а также эффекты вегетации мицелия (Brown, 1958).
3. Исследовались почвенные микроводоросли как сообщество и эффект воздействия на них ряда химических агентов, в частности – гербицидов (Forest, 1962; Pipe, Cullimore, 1980).
4. Исследовались воздействия почвенных условий на заболевания корневой системы и микоризные эффекты (Sulochana, 1952; Rhizoctonia solani, biology and pathology, 1970).
5. Исследовались эффекты колонизации искусственных обнажений микроорганизмами (Cooke, 1956).
6. Исследовалась микрофлора пресноводных водоемов, особенно – источников питьевой воды (Långmark et al., 2001).
7. Исследовались бактериальные популяции морской воды, причем использовали ряды компаративных комплементарных дескрипторов, получаемых с разных источников и методик подсчета (Oppenheimer and ZoBell, 1952).

Номенклатура исследуемых позиций для почвенных камер и пластинок обрастания не уступает номенклатуре аналогичных пунктов для MALDI-биотайпинга, включающей в себя, помимо патогенных бактерий: грибки, в частности – плесени, дрожжи и патогенные грибки (Yan et al., 2011; Theel et al., 2012 ; Lohmann et al., 2013 ; Mancini et al., 2013; Schmidt et al., 2014; Schulthess et al., 2014b; Chen et al., 2015; Fraser et al., 2016; Wang et al., 2016b; Lee et al., 2017; Wilson et al., 2017); низшие растения – одноклеточные зеленые водоросли, такие как хламидомонады (Krismer et al., 2015, 2016); некоторые цианобактерии (Imanishi et al., 2017). При этом видовой (видоспецифичный) химико-таксономический аспект данной проблемы и имплементации метода позволяет идентифицировать не только принадлежность препарата к некоторому таксону (например – *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Kocuria*, *Gordonia*, *Tsukamurella*, *Listeria* (Hsueh et al., 2014)) или отдельным его видам (например, для *Staphylococcus* (Richter et al., 2012), *Acinetobacter* (Alvarez-Buylla et al., 2012), *Acanthamoeba* (Del Chierico et al., 2016)), либо фиксировать наличие целевого («таргетного») вида в данной пробе, специфичного для того или иного состояния её источника (например, *Staphylococcus aureus* в биомедицинских и ветеринарных диагностических пробах (Szabados et al., 2010) или прямой диагностический мультиплексный тест на N-таргетную обсемененность в сепситайпинге крови (Buchan et al., 2012)), но и отдельные штаммы или биохимически-детерминированные расы организмов в связи с прямым молекулярно-химическим анализом, обеспечиваемым применением масс-спектрометрии. Ускорение идентификации в подобных случаях (Sogawa et al., 2011) обычно достигается не только итеративным сужением спектра идентификации согласно таксонам и идентифицируемым группам организмов (например, первое сужение для бактерий может в случае клинической диагностики представляться опосредованным базами данных делением на грамположительные и грамотрицательные), но и применением систем сепарации форм в ходе пробоподготовки и пробоподачи образца в рамках расширенных техник т.н. «automated microbiology» (Saffert et al., 2011). Внедрение морфометрических операций в проколах такого рода обеспечивается в лабораторных условиях лазерными сканирующими техниками либо в полевых условиях – обычной микроскопией (хороший пример этого явила одна из наиболее ранних инициативных биогеохимических экспедиций членов нашего коллектива (в ГЕОХИ РАН), в которой в полевых условиях (а затем – в лабораторных условиях для обеспечения биостатистической сопоставимости результатов измерений) использовалась микроскопия на МЛД-2 – микроскопе люминесцентном дорожном, который после доставки почвенных сред



и микропрепаратов на базу встраивался в автоматическую установку панорамного подсчета с осциллографической регистрацией при видеомикроскопии – см. [Рис. 17](#)). Недостатки этого подхода, впрочем, очевидны: перенос образцов с прибора на прибор обеспечивает неполную воспроизводимость паттернов и отсутствие возможности их совмещения или сопоставления – тем более, что для динамических измерений в реальном времени это не подходит, так как в данных протоколах с временным разрешением производится либо измерение параметра А, либо измерение параметра В (либо цитоморфометрия – либо масс-спектрометрия, то есть – либо морфологический / либо биохимический анализ; либо идентификация – либо анализ определенного).

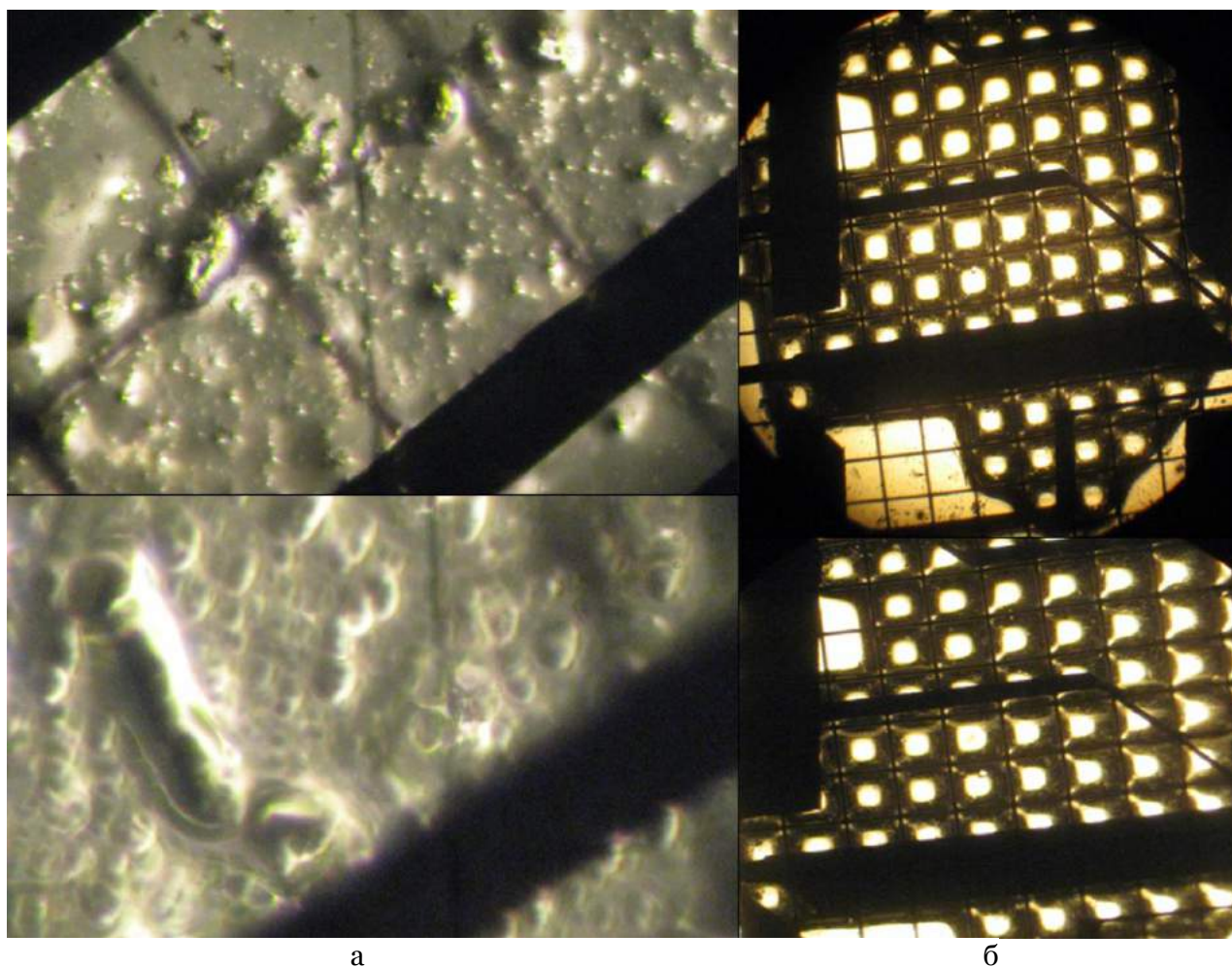


**Рис. 17.** Установка панорамного подсчета частиц с осциллографической регистрацией при видеомикроскопии на базе микроскопа люминесцентного дорожного ([ГЕОХИ РАН, 2011](#))

Достаточно очевидно, что преодоление проблем подобного рода возможно только при совмещении идентификации и измерения в реальном времени, что достигается в настоящее время чипами нашей конструкции (см. выше). Это искореняет недостатки протоколов масс-спектрометрии MALDI с цитометрическим анализом ([Wang et al., 2013](#); [Chang et al., 2014](#); [Rawlins et al., 2015](#)), однако позволяет достигать сопоставимого с MALDI MS уровня анализа

и идентификации только при совмещении с последней, что требует рассмотрения КМОП- или ПЗС-детектирующих чипов с антиалиасным фильтром как платформ MALDI-имэджинга на чипе (естественно, одноразовых, так как большинство ПЗС- и КМОП-матриц повреждаются за счет физического выжигания и SEU [single event upsets] при попадании на них лазерного излучения достаточной для десорбции-ионизации мощности или одиночных фотонов того же характера воздействия). Это формирует качественно новый сегмент номенклатуры чипов для масс-спектрометрического анализа и MALDI-чипов, известных как продукт с начала XXI века (Kling, 2001) и эффективно развивающихся на экзотических геометриях до настоящего времени (Chen et al., 2010, 2011; Li et al., 2017). Предлагаемый конструктив не только выдаёт данные в активном формате приемопередачи с возможностью мониторинга, замещающего как MALDI-чипы с мониторинговыми окнами (Brivio et al., 2005), так и чипы, совместимые с флуоресцентным анализом (Halim et al., 2009), но и позволяет реализовывать мониторинг в реальном времени с выемкой образца для масс-спектрометрического анализа на известной в результате предварительных динамических измерений (с временным разрешением) стадии, предварительно (на менее высокоэнергетическом режиме лазерной обработки) осуществляя кинетические фотохимические измерения типа FRAP и FLIP. Таким образом, осуществляя в рамках АРИЗ (алгоритма решения подобных задач Альтшулера) определение противоречий прототипов и противопоставляемых моделей, мы приходим (без использования синектики и морфологического анализа перебором) к совмещению несовместимых протоколов.

Надо сказать, что при адаптации для MALDI с полимерной матрицей и при подгонке к условиям имплементации в варианте чипа мы использовали богатейший опыт устаревших к настоящему времени, однако достаточно актуальных в модифицированном формате КМОП-чипов методических источников. Так, прототипом дискретной матрицы на поверхности или в экранировке ПЗС- или КМОП- чипа почвенного заложения явилась модификация камер и пластинок обрастания Росси-Холодного с электронно-микроскопическими сетками для СЭМ от 1970-го года (Hirsch, Pankratz, 1970); идеологии синхронного удержания и анализа в чипе – технология фиксации бактерий планктона на мембранном фильтре, заменяющем камеры и пластинки обрастания Росси-Холодного (Jannasch, 1958) от 1958 года; идеологию введения полимерных покрытий, непосредственно связываемых с полимерной планарной подложкой чипа, особенно – напечатанного из PET на 3D-принтере, предвосхитили с позиций подходов DIY-оптимизации (в более легком и подобном нашему решению только по материалу – PET) наши украинские коллеги (Moshynets et al., 2011), хотя в MALDI предпочтительны известные типы полимеров-матриц и, если говорить о совместимости с MALDI, то ставку нужно делать на них и на полимер-иммобилизованные матричные имплантаты на их основе. Однако для данного случая есть и альтернативное решение – безматричная масс-спектрометрическая LDI-вариация клеточного анализа по вторичным метаболитам (Hölscher et al., 2009). Почва является «приемником», «накопителем», «линией задержки» и «трансмиссером» факторов аллелопатии и биохимических сигналов микроорганизмов, поэтому можно использовать её свойства в создании (самоорганизации) на её адгезивно-сорбционной основе замещающих MALDI-матрицы развитых soft matter поверхностей на базе частично-упорядоченных сред с динамической структурой, определяемой взаимодействиями в дисперсной системе – между почвой и биохимически-активными/биохимически-индивидуальными микроорганизмами – происходящими на уровне микровязкостных эффектов, микрофлюидики / нанофлюидики и процессов на базе нековалентных взаимодействий, в комплексе обеспечивающих MALDI-совместимый анализ, адекватный микро-/нанофлюидике и аффиметрическим биочипам в едином конструктиве. Это позволяет заменить, соответственно, безматричную аналитику на LDI-платформах в микрофлюидных носителях (Yang et al., 2016), нативное картирование по флюидным потокам и силам в частично упорядоченной биогенной полимерной и биокосной матрице (Guillaume-Gentil et al., 2017) с аффиметрикой на адгезирующих и сорбирующих чипах. Пример иммобилизованной частично-упорядоченной среды на чипе с микросетками (типа описанных в (Hirsch, Pankratz, 1970), только не формаваровых, а проводящих сеток от электродных элементов электронных и ионных приборов для био-электрофизических работ при морфометрии с передачей *in situ*, в реальном времени) нашей конструкции приведен на Рис. 18.



**Рис. 18.** Пример иммобилизованной частично-упорядоченной среды на чипе с сетками от электродных элементов электронных и ионных приборов для био-электрофизических работ и электрофизического мониторинга почвы при морфометрии микроорганизмов с передачей аналитического сигнала по телеметрическому каналу *in situ*, в реальном времени. а – проба частично-упорядоченной среды под большим увеличением на сетке на чипе; б – нанесение полимера для интеркаляции преобразователя и аппликации микрообразца на сетке на чипе.

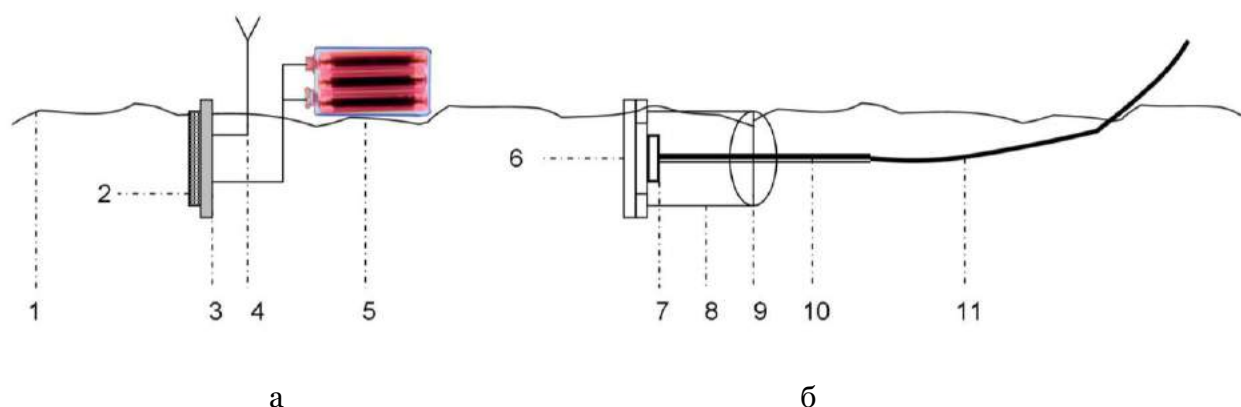
Таким образом, данный принцип существенно упрощает анализ природных частично упорядоченных сред и био-косных ассоциатов. О рациональности и необходимости данного подхода, обусловливаемой, в частности, отсутствием оптимальных средств пробоподготовки («универсальной пробоподготовки») мультитиповых природных образцов для MALDI (т.е. и для MALDI-биотайпинга), говорит тот факт, что в «природоведческой» микробиологии (по терминологии Заварзина) и фундаментальной систематической микробиологии количество работ по LDI-микробиологической идентификации с матричной активацией отсчитывается единицами (Santos et al., 2016; Welker and Moore, 2011), в то время как в клинической – идёт на десятки в год с тенденцией к росту (на данный момент – сотни работ): например – 2010 г. (Seng et al., 2010; Dupont et al., 2010; De Bel et al., 2010; Bizzini et al., 2010; van Veen et al., 2010); 2013 (DeMarco and Ford, 2013; Barreau et al., 2013; Patel, 2013a; Patel, 2013b; Kok et al., 2013; Clark et al., 2013; Seng et al., 2013; Wojewoda et al., 2013; Moon et al., 2013) и т.д. (сборка контрольной библиографии для выявления релевантности темы дана для этапа завершения предварительного этапа работ над прототипом нашего устройства в ГЕОХИ РАН – не ранее 2011 года, и подготовки первой версии данной статьи; не более 4 лет назад). Целесообразно рассматривать «природоведческую микробиологию» на уровне отдельных микроструктур, в частности – ассоциатов клеток, колониеобразующих единиц, поэтому, с экобиохимических позиций, необходимо предъявить доказательства применимости как MALDI-MS-технологий, так и чипов с APS (Active Pixel Sensor) нашей разработки для анализа подобных структур.

На практике, MALDI-MS достаточно давно работает на уровне одиночных клеток в витальном и суправитальном состоянии (Masujima, 2009), причем не только в аддитивно-биохимической, но и в модальности «картирующей», имэджинговой масс-спектрометрии одиночных клеток (Boggio et al., 2011; Passarelli and Ewing, 2013; Schober et al., 2012;). В настоящее время MALDI на уровне одиночных клеток (впрочем, как правило, достаточно крупных эукариотических) и клеточных ассоциатов используется для определения: стадий зрелости пролиферативных клеток (Shimizu et al., 2002); интрапопуляционной метаболической гетерогенности многих одноклеточных организмов (Amantonico et al., 2010); классификации крупных популяций, в том числе – одноклеточных микроорганизмов типа *Chlamydomonas sp.* (Krismer et al., 2015), в том числе – с выявлением аномальных клеток, выделяющихся из общей выборки (Ong et al., 2015); биохимических профилей клеток, например – дрожжевых (Schmidt et al., 2014), не только по отдельным классам веществ (например – пептидам (Li et al., 2000; Rubakhin et al., 2008) или липидам (Mach, 2012; Hossen et al., 2015)), но и на уровне метаболомики в целом (Emara et al., 2017); уровня накопления и пространственного распределения цитотоксичных и регулирующих фармацевтических веществ, воздействующих на клеточный цикл (Chang et al., 2015). Однако, также как и у биотайпинга (Ngan et al., 2012; Lévesque et al., 2015), у этого подхода (Boggio et al., 2011) есть один недостаток, обусловленный превалирующим для него «заказчиком» – медициной: основная часть имэджинговой MALDI-масс-спектрометрии на данный момент адаптирована, преимущественно, для клинических задач, примерами чего в случае анализа и имэджинга одиночных клеток могут являться нейробиохимические (Neupert et al., 2005; Perdian et al., 2010), гематологические (в том числе – эпидемиологические – как на биотайпинге (Hsueh et al., 2014; Cheng et al., 2015; Fiori et al., 2016; Chien et al., 2016) и другие специфические медицинские задачи. На уровне клеток микроорганизмов работ крайне мало – сказывается не столько техническая сложность задачи, сколько отличие от метаболизма и конституции эукариотических клеток высших животных, а также необходимость учета сред, не являющиеся биологическими (как это характерно для лабораторных условий), имеющих собственные элементно-химические / конституэнтные профили (почва, гидрохимические и литохимические условия и т.д.), которые нужно учитывать, наряду с такими же профилями одиночных клеток (Walker et al., 2012; Gao et al., 2013; Klepárník, 2013; Fu et al., 2016), что может осложняться собственными средовыми требованиями микроорганизмов (например – анаэробным характером микрофлоры (Shan et al., 2002)). Таким образом, если не принимать во внимание неразработанность темы и ряд преодолемых технических трудностей, MALDI-имэджинг способен работать в требуемой нами модальности (см. выше). Однако, несмотря на это, мапирование (или, тождественно, машининг) колокализации, отображение онтологий и установление изоморфизма (или иных морфизмов) между зонами картирования различно детектируемых дескрипторов возможно тогда и только тогда (согда), когда разрешение у их источников данных или детекторов эквивалентно или сопоставимо настолько, что проблема неопределенности пограничных зон колокализации дескрипторов автоматически снимается в силу их взаимно-однозначного соответствия по дискретизации и смежным параметрам (по терминологии 1970-1980-х гг. – «резольвометрическим»). Поэтому мы должны показать, по меньшей мере, что разработанные нами лаборатории на чипе, совместимые с имэджингом на LDI-опосредованном, в частности – MALDI-опосредованном, базисе, могут фиксировать и картировать паттерны достаточно высокого требуемого разрешения.

### Новые методы и материалы

В качестве детектирующей части, совмещенной с подложкой, использовали матрицы с активным пиксельным сенсором (APS), изготовленные по КМОП-технологии. Пиксельные/сенсельные/ресельные параметры контролировались резольвометрически при различных длинах волн облучения с акцентом на коротковолновую область (аналогично тому, как для MALDI-анализа одиночных клеток, в силу оптических «релеевских» предпосылок, наиболее предпочтителен УФ-диапазон (Gholipour et al., 2008; Hölscher et al., 2009), хотя возможны и вариации в Vis-диапазоне (Xiong et al., 2016)). В качестве предметных стекол использовались антиалиасные фильтры, располагающиеся контактно к монохромным матрицам или поверх фильтров Байера в спектральноном варианте. Максимальное разрешение определялось по минимальному размеру пикселей. В наиболее

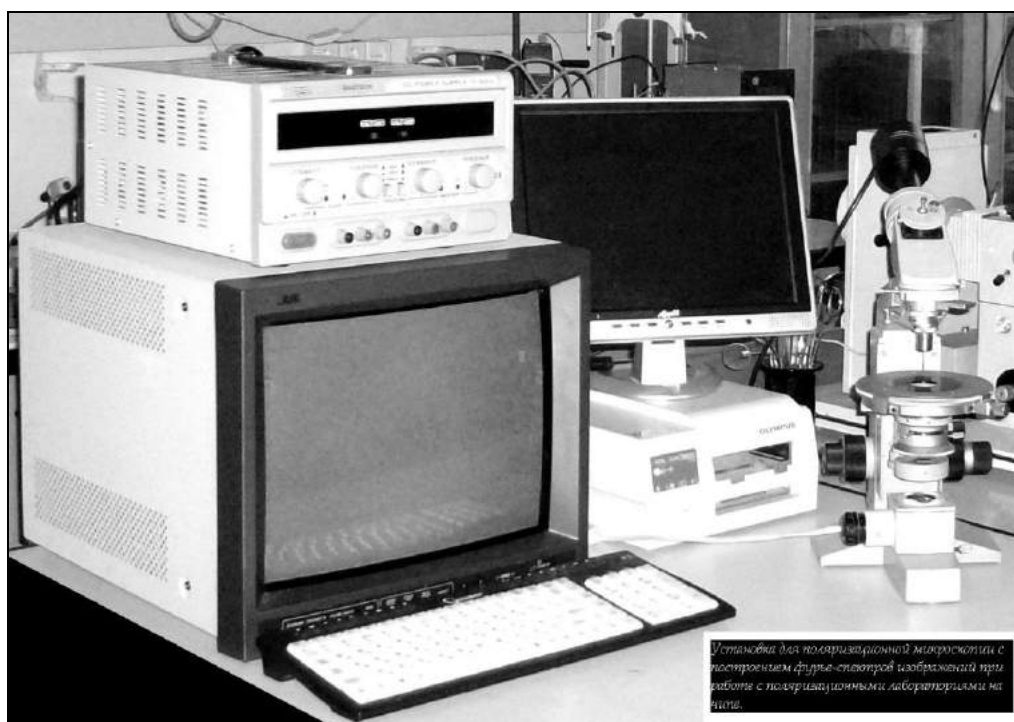
современных версиях было достигнуто почти соответствующее размерам одиночных бактериальных клеток разрешение 1.12 мкм КМОП-матрицы с активными пиксельными сенсорами обеспечивали чувствительность измерения, а также усиление сигнала порядка сотен микровольт на фотон или десятки электронов на 1 такт / пакет. Согласно расчетам, проведенным на базе технических выкладок разработчиков соответствующей элементной базы, в определенных полосах в видимой области достижимы 40-70 ккал/моль для одной грамм-молекулы. Полный фрейм картирования дескрипторов – 20 мс; минимальное время накопления менее 10 мкс. В режиме накопления картирование/маппинг могут осуществляться даже при достаточно малых освещенностях или наличии как источника эмиссии фотонов только собственной хемилюминесценции/биолюминесценции образца; это соответствует чувствительности до 0.00005 лк и широтности  $10^3$ - $10^5$  либо (если переводить в относительные логарифмические единицы динамического диапазона, то 8-12 Б). Содержащие указанные активные позиционно-чувствительные сенсоры печатные платы (PCB) корпусировали с использованием полимеризующегося герметика, оставляя открытой только зону непосредственного поверхностного экспонирования, и закладывали в почвы. В целях обеспечения диверсификации методов анализа были созданы две модификации чипа – с телеметрическим беспроводным каналом передачи данных и с кабельным соединением. Первый вариант менее подходит для расширенных исследований характеристик сигнала (по причине существования эфирных наводок и помех), но более отвечает задачам скоростного оценивания характеристик экспериментальных полей, почвенно-геодезической съёмки (как частный вариант – являясь устройством с RFID-меткой). Второй вариант – транслирующий результаты регистрации почвенных сред и их почвенной микробиоты по кабельному каналу – способен передавать данные с распределенной сети на многоканальные АЦП и крейтовые системы сбора-обработки данных (уровня САМАС, РХІ и т.п.). Конструктивные их различия доступно схематизированы на Рис. 19а, б.



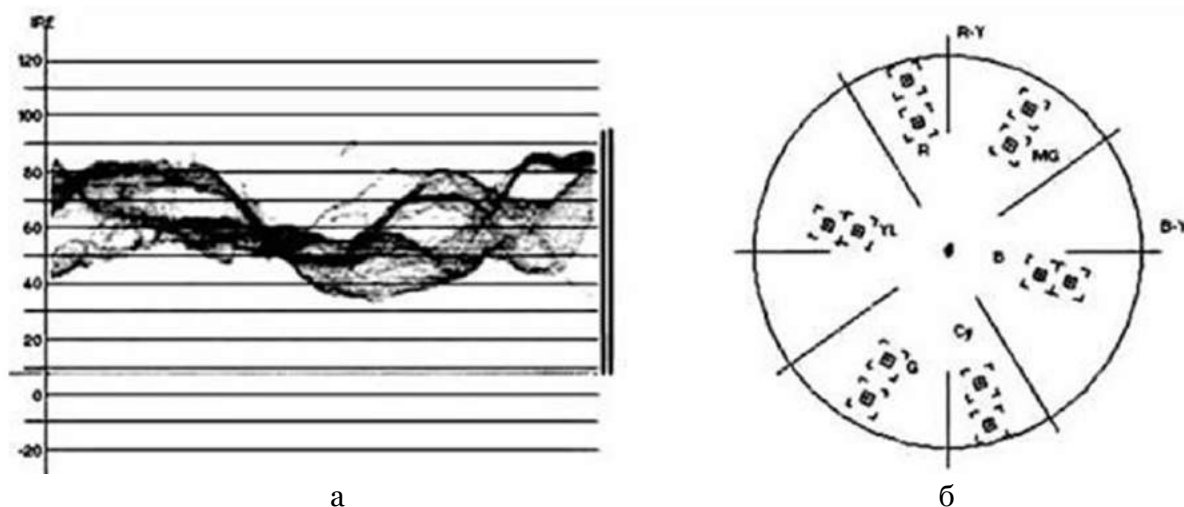
**Рис. 19.** Почвенные лаборатории на чипе: а – телеметрическая с радиочастотной передачей на ресивер (2.4. ГГц); б – кабельная телеметрическая система, монтируемая в герметичном шприце с поршневым подводом активного пиксельного сенсора к зоне экспонирования. На рис. 19а: 1 – поверхность почвы; 2 – активный пиксельный сенсор; 3 – печатная плата, РСВ; 4 – антенна, предающая сигнал на ресивер; 5 – аккумулятор / система питания. На рис. 19б: 6 – поверхность фильтра для экспонирования; 7 – активный пиксельный сенсор; 8 – корпус почвенной камеры; 9 – гермозаглушка; 10 – канал вывода кабеля; 11 – кабель коммутации, передающий сигнал на один из каналов многоканального АЦП или крейтовых систем DAQ

В результате апробации данного APS-опосредованного технологического подхода, был получен пул данных, относящихся как к лабораторным тестам, так и к регистрации в почвах. Так, например, можно получить (в стандартных координатах монитора формы волны – IRE) построчный (по сканограммам каждой строки) профиль конфигурации волн яркости (ранее это делалось с применением специфицированных поляризационно-микрофотометрических установок для построения профилей яркости {3D Luminance Surface}, подобных показанной

на рис. 20 установке, работавшей в постэкспедиционном режиме в ГЕОХИ РАН в 2010-2011 гг.). Если в результате использования активного пиксельного сенсора почвенной закладки в полевых условиях регистрируется нарастание в «поле зрения» (полном ROI для таких чипов без оптического тракта и возможностей аналогового виньетирования / кашетирования окна) фрагмента микробного мата или лоскута плесени («flap»), то на мониторе формы волны при мониторинге отображается изменение интенсивности сканограмм группы строк по оси IRE. Это показано на Рис. 21а. В случае использования как дополнительного кластеризующего дескриптора формы межканальных корреляций, получаемых вектороскопическим путём (в случае спектрозональных матриц с фильтрами Байера или их аналогами; в обратном случае векторограмма не будет отображать существенных корреляций, как это показано на Рис. 21б), можно, осуществляя (однозначное) сопоставление отдельных спектрозональных каналов конкретным агентам или типам/классам агентов, картировать их распределение в среде.



**Рис. 20.** Поляризационно-микрофотометрическая установка для реконструкции профилей яркости {3D Luminance Surface} с параллельным отображением результатов вектороскопии



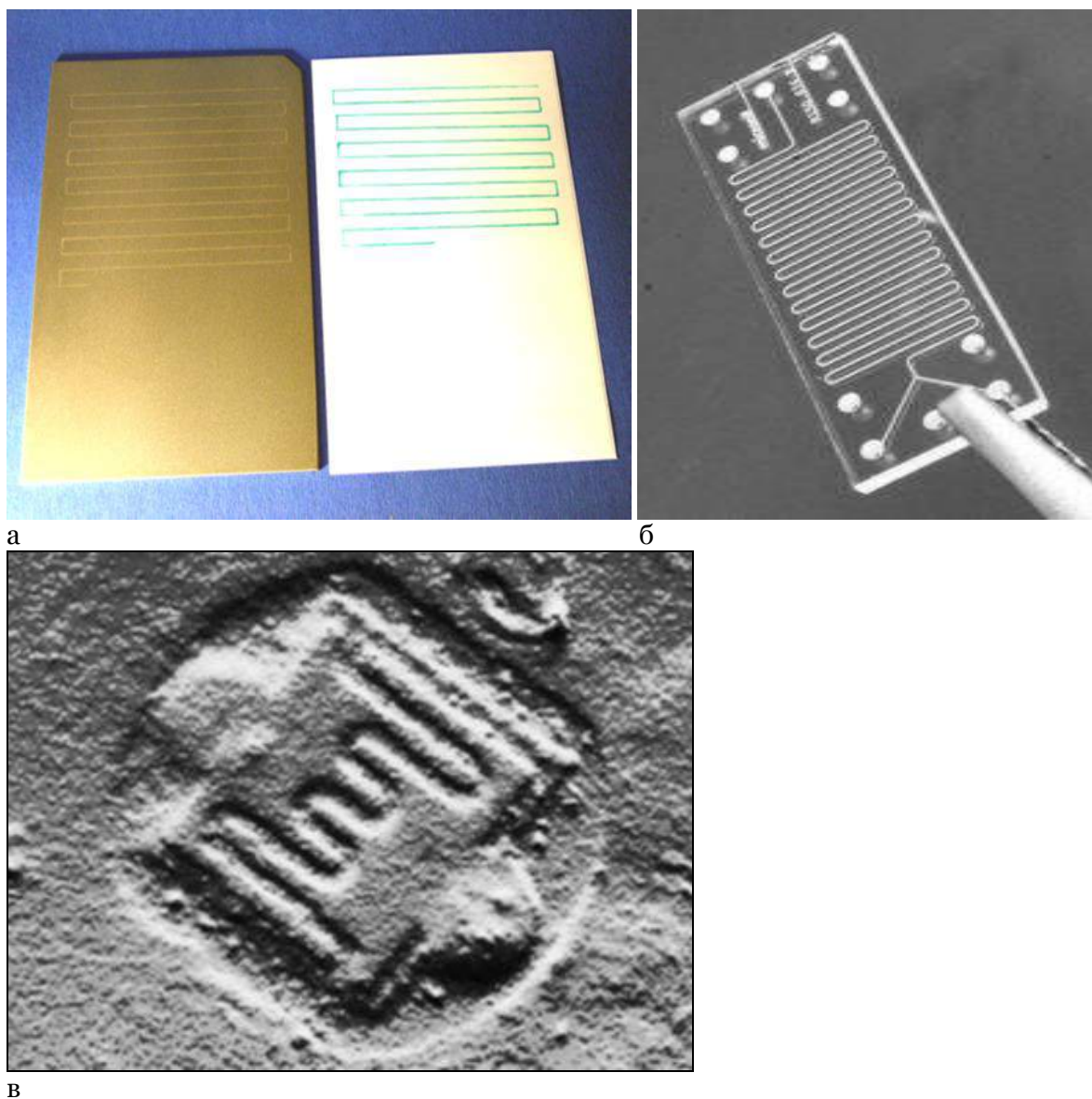
**Рис. 21.** Мониторинг формы волны (а) и монохромная векторограмма (б) с КМОП-чипа (Notchenko, Gradov, 2013)



**Рис. 22.** Непосредственная прямая регистрограмма с чипа как безлинзового микроскопа в коротковолновом диапазоне (спектрозональный В-канал). Видны элементы микроструктур (фибрилярного и филаментарного характера). Использован стандартный чип и передача по кабелю через универсальную серийную шину (разработка модификации 2016-2017 гг.)

Нами были продолжены эти работы, в результате чего появилась возможность вывода сигнала не только по аналоговым спектрозональным каналам (с последующей оцифровкой, когда это целесообразно), а непосредственно по кабелю универсальной серийной шины для изначально полностью цифровых измерений в реальном времени (например, регулярности и корреляционно-спектрального анализа в программе QAVIS [ДВО РАН] с захватом данных прямо из окна визуализации). Современное программное обеспечение позволило выдавать эти данные напрямую в сеть, эквивалентно веб-камерам, на принципе которых основана вся данная конструкция. Это позволило также без привлечения крейтовых систем типа САМАС, РХІ {etc.} проводить одновременно измерения на нескольких (до нескольких десятков либо сотен, аналогично принципам телеконференции/телемоста) терминалов с использованием множества чипов в качестве источников данных (не менее числа терминалов). Эквивалентно развитию телемедицины и телемедицины на чипе, возможно развитие «теле-почвоведения»/«теле-педологии» и «теле-эдафологии» с использованием картирующих чипов в качестве прямых и корреляционно-компаративных источников данных. На рис. 22 демонстрируется пример изображения микроскопических (соответствующих размерам бактерий и почвенных структур) объектов на чипе при работе в коротковолновом диапазоне (спектрозональный В-канал). Можно видеть, что качество изображения с APS на CMOS в безлинзовом режиме не уступает качеству средних CCD прошлых лет при микроскопической регистрации с полным оптическим трактом (например, на телемикроскопах LEITZ, ZEISS и японских компаний; по состоянию на 1980–1990-е гг.). Возможность наблюдения одиночных клеточных структур и ассоциатов клеток позволяет гибридизировать эту технику с цитометрией на чипе (подобно тому, как лазерную сканирующую цитометрию объединяют с MALDI-анализом одиночных клеток (Rawlins et al., 2015); в случае аналоговых лабораторий на чипе это достигается путем использования собственной внутренней сканирующей развертки устройств трансляционной аналитики). Таким образом, осуществим переход от «теле-почвоведения, «теле-педологии» и «теле-эдафологии» на чипе к «почвенной микробиологии на чипе», «природоведческой микробиологии (Заварзин, 2004) на чипе». Учитывая связи почва-атмосфера и атмосфера-гидросфера в микробиологическом аспекте, известную начиная с опытов Пастера, в которых контаминация жидких сред происходила из атмосферы (Пастер, 1864), можно расширить и углубить соответствующий список дисциплин («аэриобиология / аэрозольная микробиология

на чипе», «наннопланктонология на чипе» и т.д.), в случае достаточной герметизации чипа, экспонируемого в нативных природных условиях. Нами были проведены эксперименты по контаминации открытых поверхностей чипов в условиях лабораторной атмосферы. В итоге многонедельной экспозиции было показано увеличение микроскопических артефактов типа объектов с фраунгоферовой дифракцией (в соответствующем типе детектирования на чипе в лабораторных условиях), адекватно аппроксимируемых ФРТ (функциями развертки точки) в случае более близких к коккам по геометрическим параметрам и ФРЛ (функции развертки линии) в случае более близких к бациллам по геометрическим параметрам (аналогично для растительных клеток: паренхимные и прозенхимные формы соответственно). Иначе говоря, экспонирование устройств природоведческой микробиологии возможно во всех условиях, на которых действуют принципы контаминации природоведческой микробиологии.



**Рис. 23.** Сопоставление открытой топологии фракционного коллектора MALDI (MALDI Fraction Collector)

а – стандартная тестовая топологии микрофлюидного чипа;  
 б – геометрическая совместимость данных техник при эдафологической экспонируемости, много лучшей у планарной MALDI-пластинки, чем у закрытого чипа;  
 в – простейшая геометрия сенсора не позиционно-чувствительного почвенного фотобиочипа.



Следует отметить, что наиболее адекватной по открытому паттернингу морфологией/геометрией поверхности активного пиксельного сенсора является именно LDI-совместимая геометрия (топология, если апеллировать к микроэлектронной терминологии) на фильтрах, которая подобна демонстрируемой на Рис. 23а. Более близкая к капиллярам Перфильева и педоскопам с развитой поверхностью геометрия микрофлюидного чипа, отличающаяся от первой тем, что канавки / бороздки закрыты, существенно менее подходит для анализа как по причинам пониженной контаминируемости в единицу времени и репрезентативности по статистическим характеристикам счета, так и по причине недоступности для ионизации под пучком MALDI при закрытом внутри герметизируемого чипа состоянии экспонирующейся в естественной среде пробы (Рис. 23б). Шлирен-реконструкция (псевдо-трехмерная, алгоритм визуализации «барельеф») простейшей геометрии сенсора не позиционно-чувствительного почвенного фотобиочипа приведена на Рис. 23в. Кроме того, есть ряд чисто оптических эффектов, препятствующих этому, однако их рассмотрение требует отдельного материала, не являясь в генеральной части предметом настоящей статьи.

#### 4. Заключение

Таким образом, разрабатывается комплекс технологий почвенно-микробиологических и агрохимических мониторинговых исследований на активном чипе, включающий в себя:

1. активный чип, совмещающий в себе принципиальные особенности: почвенных камер и пластинок обрастания Росси-Холодного, MALDI-мишени, счётных клеточных камер с координатными сетками, микрофлюидных фракционных коллекторов для MALDI MS, гранулометрических окулярных геологических счетчиков, приборов для капиллярной микроскопии Перфильева-Габе (но уже на микрофлюидных принципах), безлинзового контактного микроскопа на чипе по Озкану;

2. «тройную мультипараметрическую идентификацию», базирующуюся на совмещенном анализе: морфометрических и спектроколориметрических (визуализируемых в форме псевдоспектра на палитре) или флуориметрических данных безлинзовой микроскопии, масс-спектров MALDI-биотайпинга (особо интересно анализируемых в случае FT-ICR и смежных техник, в которых форму обработки исходных данных задает пользователь – вплоть до кепстральных и нойслетных обработок), сигнала с электродных сеток; таким образом, получается пул естественных дескрипторов – несуррогатных педологических физико-химических ключей, фиксируемых естественным путём (не считывание штрих-кода с идентификаторами) и имеющих самостоятельную ценность для «data mining»-а как «big data»;

3. компаративный анализ данных в рамках алгоритмики SOGDA\* («тогда и только тогда, когда все сигналы в комплексе при сличении с базой опорных “фингерпринтов” дают идентично высокую вероятность отнесения исследуемого образца к данному типу почв или некоторому микробному сообществу либо конкретной систематической нише, чип идентифицируется как носитель соответствующего данному определению образца; при полном отсутствии идентификации по мажоритарному дескриптору или комплексу его переменных – решение о классификации принято на основе базовых данных быть не может»);

4. установки контроля и калибровки чипа, в т.ч. поляризационно-микрофотометрическая установка реконструкции профилей яркости {«3D Luminance

\* Термин заимствован из элементарной топологии (цит.): <<Новое слово в математике: *согда*. В математической речи часто встречается сложный союз «тогда и только тогда, когда» (другие варианты: «в том и только в том случае, если», «для того чтобы ... необходимо и достаточно, чтобы»). Ни в одном естественном национальном языке нет короткого союза с тем же смыслом. В письменный английский математики ввели союз «*iff*», и он получил широкое распространение. Мы предлагаем на ту же роль слово «согда», которое звучит по-русски и имеет достаточно ясную этимологию. Его второй слог *гда* является активным славянским корнем, указывающим на время. Он входит в слова *тогда, всегда, когда, иногда, никогда, некогда*. Первый слог *со* - является не менее активной приставкой, которая служит для образования слов, означая общее участие, совместность и т. п., например, *со-временник, со-авт ор, со-гласие, со-ратник*. Вместе получается общность времени, что соответствует длинной форме «тогда и только тогда, когда» >> (Виро и др., 2012).

Surface»} с параллельным отображением результатов вектороскопии, установка панорамного подсчета частиц с осцилло-фотографической регистрацией при видеомикроскопии на основе микроскопа люминесцентного дорожного (модернизируемого в оптической части), стенд поверки и калибровки чипов с применением стробоскопического осциллографа-рефлектометра с дискретностью до наносекундного диапазона;

5. систему телеметрии активных чипов с радиочастотной идентификацией и ресивером с точной подстройкой (в ранних версиях – ручной с использованием атометрических или потенциометрических органов подстройки; в современных – с трэкинг-генератором на скалярной или, что лучше с позиций фазового анализа, векторной технологии сбора и обработки данных); в принципе, возможно использовать данные телеметрируемого (в реальном времени) сигнала после оцифровки без сжатия как источники кинетических дескрипторов процессов на интерфейсе «чип-почва» (используя алгоритмы обработки радиосигнала, близкие к использовавшимся нами для FT-ICR при MALDI-MS на чипе);

6. FRAP- или FLIP- анализ микрофлоры после выемки чипа, совмещённый с MALDI или иными LDI (соответственно, не матрично-опосредованными, не MA – «matrix assisted») при использовании лазеров с перестраиваемой длиной волны или нескольких лазеров в едином тракте, пригодных для обеспечения флуоресценции и выжигания красителей при FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching) или же FLIP (Fluorescence Loss In Photobleaching);

7. интеграцию диодных лазеров или DPSS для Photobleaching-a непосредственно в корпус чипа при закладке в почву для проведения регулярного FRAP-мониторинга *in situ* (или *in vivo* – для почвенных микроорганизмов); к сожалению, техники аналогичного либо совместимого с ним внутрпочвенного MALDI, в принципе, не существует, а энергия в пучке у питаемых доступными для почвенной закладки устройств заведомо ниже, чем у ионизирующих лазеров в техниках MALDI и иных LDI.

Перспективны и представляют особый интерес следующие направления, которые могли бы быть развиты в рамках данных исследований (частично о них речь пойдёт в статьях данного цикла):

I. имплементация техники микрофлюидных капиллярных почвенных планарных чипов в альтернативной версии с сохранением капиллярных / микрофлюидных характеристик – в вариациях Перфельева-Габе (капиллярные методы анализа и численного контроля почвенной микрофлоры; MALDI-педоскопы и т.д.); также возможно их совмещение с SPIM-микроскопией в капиллярных устройствах при условии длительной предварительной почвенной экспозиции, а лазерная SPIM-микроскопия может являться основой как для FRAP, так и для трёхмерного (3D) MALDI-имэджинга, что является предметом отдельной нашей работы;

II. совмещение капиллярных методов почвенной микробиологии с капиллярными методами масс-спектрометрии (в хроматографических микро- и нано- колонках на чипе; в капиллярах ESI и линейки электроспрей-ионизации в принципе; сбор данных с микрокапилляров масс-патч-клампа; и т.д.);

III. имплементация методов висячей капли на покровном стекле в условиях почвы и лонгитюдного эксперимента с переходом через точку росы и конденсацией на чипе естественной влаги с психрометрическим (с контролем по встроеному в чип на поверхности полимерным конденсатором – в том числе);

IV. использование гибкой полимерной «тканной» микрофлюидики с чрезвычайно развитой поверхностью и компартиментализованной перколяционной пластикой (разработка нашей группы) одновременно в качестве материала чипа, матрицы MALDI и адгезивного слоя (в ряде случаев – с функцией питательной среды) на чипе одновременно;

V. использование иных – более эффективных методов люминесценции, отличных от лазерно-индуцированной флуоресценции, фотолюминесценции; до разгрома описываемых работ в нашей группе исследовалась возможность имплементации функций, аналогичных LDI-FRAP с использованием: хемилюминесценции либо биолюминесценции, сонолюминесценции, радиолюминесценции, электро- или катодо- люминесценции, кандолюминесценции и ТСЛ (термостимулированной люминесценции), электрохемилюминесценции, гамма-лиолюминесценции при соответствующем облучении,

кристаллолюминесценции, пьезолюминесценции и механолюминесценции (включая небезынтересную, с точки зрения фиксации в спектрзональном режиме, механохромную люминесценцию), отличающуюся от триболюминесценции (которая также может быть использована для этого, но только в ряде специфических методов механохимии).

Критерием эффективности предлагаемого подхода являются факты его совместимости с природной средой и LDI-конфигурацией эксперимента. Более подробно FRAP на чипе и FLIP на чипе будут представлены в цикле последующих статей (посвященных физическому фингерпринingu почвенной микрофлоры / микробиоты, а также – мониторингу агрохимии почвы на чипе), поскольку объём данных по заявленному направлению весьма велик, что не позволяет представить его в рамках единого сообщения, содержащего библиографические, технико-методические и алгоритмические детали данных подходов.

## 5. Благодарности

Авторы выражают благодарность коллегам из ГЕОХИ РАН, на ранних этапах (до 2011 г.) давших возможность инициативного проведения данных DIY-работ на базе ОМСИ / БИП ГЕОХИ РАН. Авторы выражают благодарность экспертам РФФИ, поддержавшим эту работу в 2015-2016 гг., благодаря чему мы имели возможность продолжить эти работы в последние годы. Работа поддержана грантом РФФИ 16-32-00914. Авторы признательны редакции BGT\*, которая в ответ на наше предварительное краткое сообщение от 28.08.2016 одобрила представленную тему и предложила нам опубликовать в BGT\* цикл статей о MALDI-FLIP и MALDI-FRAP-технологиях на чипе.

## Литература

**Виро и др., 2012** – Виро О.Я., Иванов О.А., Нецветаев Н.Ю., Харламов В.М. (2012). Элементарная топология. 2-е изд., исправл. М.: МЦНМО, 358+х с.

**Градов, 2012a** – Градов О.В. (2012). Микротоннельные многофакторные телеметрические установки как общедоступные зонды для поточного исследования болотных сред. В сб.: *Болотные экосистемы: фундаментальные аспекты охраны и рационального природопользования*, ПГТУ, Йошкар-Ола, С. 134–138.

**Градов, 2012б** – Градов О.В. (2012). Мониторинг нестандартных тепличных почвогрунтов с использованием почвенных камер-лабораторий на чипе. // *Мир теплиц*, (5): 43-46.

**Градов, 2012в** – Градов О.В. (2012). Цифровые матричные пластины обрастания и почвенные камеры как лаборатории на чипе для мониторинга болотной микробиоты. В сб.: *Болотные экосистемы: фундаментальные аспекты охраны и рационального природопользования*, ПГТУ, Йошкар-Ола, С. 129–133.

**Градов, 2015a** – Градов О.В. (2015). Радиохимические микрореакторы и лаборатории на чипе на основе сцинтилляторов с разным квенчинг-фактором и специфических шифтеров с отличными спектральными характеристиками переизлучения. В сборнике: *Материалы VIII Всероссийской конференции по радиохимии Радиохимия-2015*, г. Железногорск Красноярского края, Россия, С. 399–399.

**Градов, 2015б** – Градов О.В. (2015). Новый принцип дизайна лабораторий на чипе на базе КМОП: гибко-конфигурируемая архитектура с нетвердотельными бороздками, управляемыми внешним полем, и многоуровневое преобразование сигнала для измерения переменных на одном чипе. В сб.: *"Актуальные проблемы физической и функциональной электроники"*, УлГТУ, Ульяновск, С. 64–65.

**Градов, 2016** – Градов О.В. (2016). Мультипараметрические лаборатории на чипе для биохимических и физико-химических измерений с привязкой к координатам картируемого препарата. *Научно-практическая конференция "Научное приборостроение - современное состояние и перспективы развития"*. Сборник материалов, ФГУП ЭЗАН Москва – Черноголовка: Богородский печатник, С. 183–185.

**Градов, и др., 2017a** – Градов О. В., Скрынник А. А., Яблоков А. Г. (2017). Динамическая цейтраферная морфометрия грибов-микробиот на чипе: фиксация морфогенеза in situ и кинетики хронологического, клонального старения дрожжей. *Современная микология в России*, 6:92-94.

Градов и др., 2017б – Градов О. В., Зайцев Е. В., Скрынник А. А., Яблоков, А. Г. (2017). Применение лазерной видеомиллисмометрии в анализе голофитного (осмотрофного) питания дрожжей на чипе. *Современная микология в России*, 6:94-96.

Градов и Нотченко, 2012а – Градов О.В., Нотченко А.В. (2012). Загальнодоступні морфогістохімічні лабораторії на чипі на базі сіток рахункових камер різних типів: мікрофлюїдні морфодинамічні робочі станції. *Морфологія*, 6(1): 5-19.

Градов и Нотченко, 2012б – Градов О.В. и Нотченко А.В. (2012). Спектрально-зонные лаборатории на чипе с радиочастотной трансляцией. В: *Труды конференции "Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии"*, Т. 3 [Секция 6], С. 63–68.

Градов и Нотченко, 2017 – Градов О. В., Нотченко А. В. (2012). Индикация стадий / фаз цитотомии путем картирования изотоп спектрограмм цифрового анализа бордантности. *Биомедицинская инженерия и электроника*, 1(15): 106-110.

Заварзин, 2004 – Заварзин Г.А. (2004). Лекции по природоведческой микробиологии. М., Наука, 2004, 348 с.

Нотченко и Градов, 2011 – Нотченко А.В., Градов О.В. (2011). Лазерний топологічний спекл-аналізатор проліферативної та диференціаційної активності в культуральному морфогенезі. *Морфологія*, 5(4): 10-19.

Омелянский, 1924 – Омелянский В.Л. (1924). Микроорганизмы как химические реактивы. Л.: Научное химико-техническое издательство, 1924, 54 с.

Омелянский, 1929 – Омелянский В.Л. (1929). Краткий курс общей и почвенной микробиологии. М.-Л., ОГИЗ, 1929, 184 с.

Омелянский, 1940 – Омелянский В.Л. (1940). Практическое руководство по микробиологии. М.Л., Издательство АН СССР, 1940, 432 с.

Пастер, 1864 – Пастер Л. (1864). Обь организованныхъ тѣлахъ, существующихъ в атмосферѣ. СПб., Типографія А.П. Червякова, 1864, 110 с.

Ризниченко, Рубин, 1993 – Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. (1993). Математические модели продукционных процессов. Изд-во МГУ, М., 1993, 302 с.

Ризниченко, Рубин, 2004 – Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. (2004). Биофизическая динамика продукционных процессов. ИКИ, Москва-Ижевск, 2004, 464 с.

Agnihotrudu, 1962 – Agnihotrudu V. (1962). A comparison of some techniques for the isolation of fungi from tea soils. *Mycopathologia*, 16(3), 235-242.

Alatoom et al., 2011 – Alatoom A.A., Cunningham S.A., Ihde S.M., Mandrekar J., Patel R. (2011). Comparison of direct colony method versus extraction method for identification of gram-positive cocci by use of Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 49(8): 2868-2873.

Alexandrov et al., 2015 – Alexandrov P., Notchenko A., Gradova M., Gradov O. (2015). Simultaneous in situ detection of the optical fluorescence, fluorescence recovery kinetics after photobleaching & membrane ion flux on the electrophysiological lab-on-a-chip. *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5):118–122.

Alvarez-Buylla et al., 2012 – Alvarez-Buylla A., Culebras E., Picazo J.J. (2012). Identification of Acinetobacter species: is Bruker biotyper MALDI-TOF mass spectrometry a good alternative to molecular techniques? *Infect Genet Evol.*, 12(2): 345-349.

Amantonico et al., 2010 – Amantonico A., Urban P.L., Fagerer S.R., Balabin R.M., Zenobi R. (2010). Single-cell MALDI-MS as an analytical tool for studying intrapopulation metabolic heterogeneity of unicellular organisms. *Anal. Chem.*, 82(17): 7394-7400.

Avanzi et al., 2017 – Avanzi I.R., Gracioso L.H., Baltazar M.D., Karolski B., Perpetuo E.A., do Nascimento C.A. (2017). Rapid bacteria identification from environmental mining samples using MALDI-TOF MS analysis. *Envir. Sci. Pollut. Res. Int.*, 24(4): 3717-3726.

Barreau et al., 2013 – Barreau M., Pagnier I., La Scola B. (2013). Improving the identification of anaerobes in the clinical microbiology laboratory through MALDI-TOF mass spectrometry. *Anaerobe*, 22: 123-125.

Bizzini et al., 2010 – Bizzini A., Durussel C., Bille J., Greub G., Prod'hom G. (2010) Performance of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry for identification of bacterial strains routinely isolated in a clinical microbiology laboratory. *Journ. Clin. Microbiol.*, 48(5): 1549-1554.

**Blair, 1943** – Blair I. D. (1943). Behaviour of the fungus *Rhizoctonia solani* Kiihn in the soil. *Annals of applied Biology*, 30(2), 118-127.

**Boggio et al., 2011** – Boggio K.J., Obasuyi E., Sugino K., Nelson S.B., Agar N.Y., Agar J.N. (2011). Recent advances in single-cell MALDI mass spectrometry imaging and potential clinical impact. *Exp. Rev. Proteom.*, 8(5): 591-604.

**Brivio et al., 2005** – Brivio M., Tas N.R., Goedbloed M.H., Gardeniers H.J., Verboom W., van den Berg A., Reinhoudt D.N. (2005). A MALDI-chip integrated system with a monitoring window. *Lab Chip*, 5(4): 378-381.

**Brown, 1958** – Brown J.C. (1958). Fungal mycelium in dune soils estimated by a modified impression slide technique. *Transactions of the British Mycological Society*, 41(1): 81-88.

**Buchan et al., 2012** – Buchan B.W., Riebe K.M., Ledebor N.A. (2012). Comparison of the MALDI Biotyper system using Sepsityper specimen processing to routine microbiological methods for identification of bacteria from positive blood culture bottles. *Journ. Clin. Microbiol.*, 50(2): 346-352.

**Budin et al., 2012** – Budin G., Chung H.J., Lee H., Weissleder R. (2012). A magnetic Gram stain for bacterial detection. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 51(31): 7752-7755.

**Chang et al., 2015** – Chang Q., Ornatsky O.I., Koch C.J., Chaudary N., Marie-Egyptienne D.T., Hill R.P., Tanner S.D., Hedley D.W. (2015). Single-cell measurement of the uptake, intratumoral distribution and cell cycle effects of cisplatin using mass cytometry. *Int. J. Cancer.*, 136(5): 1202-1209.

**Chen et al., 2010** – Chen S.Y., Li K.I., Yu C.S., Wang J.S., Hu Y.C., Lai C.C. (2010). A radiate microstructure MALDI chip for sample concentration and detection. *Anal. Chem.*, 82(14): 5951-5957.

**Chen et al., 2011** – Chen S.Y., Juang Y.M., Chien M.W., Li K.I., Yu C.S., Lai C.C. (2011). Magnetic iron oxide nanoparticle enrichment of phosphopeptides on a radiate microstructure MALDI chip. *Analyst*, 136(21): 4454-4459.

**Chen et al., 2015** – Chen Y.S., Liu Y.H., Teng S.H., Liao C.H., Hung C.C., Sheng W.H., Teng L.J., Hsueh P.R. (2015). Evaluation of the matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry BrukerBiotyper for identification of *Penicillium marneffeii*, *Paecilomyces* species, *Fusarium solani*, *Rhizopus* species, and *Pseudallescheria boydii*. *Front. Microbiol.*, 6: 679.

**Cheng et al., 2015** – Cheng W.C., Jan I.S., Chen J.M., Teng S.H., Teng L.J., Sheng W.H., Ko W.C., Hsueh P.R. (2015). Evaluation of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system for identification of blood isolates of *Vibrio* species. *Journ. Clin. Microbiol.*, 53(5): 1741-1744.

**Chesters & Thornton, 1956** – Chesters C. G., Thornton R.H. (1956). A comparison of techniques for isolating soil fungi. *Transactions of the British Mycological Society*, 39(3): 301-313.

**Chien et al., 2016** – Chien J.Y., Lee T.F., Du S.H., Teng S.H., Liao C.H., Sheng W.H., Teng L.J., Hsueh P.R. (2016). Applicability of an in-House Saponin-Based Extraction Method in Bruker Biotyper Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry System for Identification of Bacterial and Fungal Species in Positively Flagged Blood Cultures. *Front. Microbiol.*, 7: 1432.

**Chiu, 2014** – Chiu T.C. (2014). Recent advances in bacteria identification by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry using nanomaterials as affinity probes. *Int. J. Mol. Sci.*, 15(5): 7266-7280.

**Cholodny, 1929** – Cholodny N. (1929). Zur Methodik der quantitativen Erforschung des bakteriellen Planktons. *Zentralbl. Bakteriol. Parasitenkd. Infektionskr. Hyg. A*, 77: 179-193.

**Cholodny, 1930** – Cholodny N. (1930). Über eine neue Methode zur Untersuchung der Bodenmikroflora. *Archiv für Mikrobiologie*, 1(1): 620-652.

**Cholodny, 1934** – Cholodny N.G. (1934). A soil chamber as a method for the microscopic study of the soil microflora. *Archives of Microbiology*, 5(1): 148-156.

**Cholodny, 1936** – Cholodny N.G. (1936). Bodenstaubkulturen und die Mikroflora des Bodens. *Archiv für Mikrobiologie*, 7(1): 286-296.

**Clark et al., 2013** – Clark A.E., Kaleta E.J., Arora A., Wolk D.M. (2013). Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry: a fundamental shift in the routine practice of clinical microbiology. *Clin. Microbiol. Rev.*, 26(3): 547-603.

- Coffman, 2014** – Coffman K. (2014). The Rossi-Cholodny Buried Slide Technique. 28 Oct. 2014. <https://prezi.com/mtrtaxf9brha/the-rossi-cholodny-buried-slide-technique/>
- Cooke, 1956** – Cooke W.B. (1956). Colonization of artificial bare areas by microorganisms. *The Botanical Review*, 22(9): 613-638.
- Cullimore, Pipe, 1980** – Cullimore D.R., Pipe A.E. (1980). Studying the activities of microorganisms in soil using slides. *Journal of Biological Education*, 14(3): 213-218.
- Cunningham, Patel, 2013** – Cunningham S.A., Patel R. (2013). Importance of using Bruker's security-relevant library for Biotyper identification of Burkholderia pseudomallei, Brucella species, and Francisella tularensis. *J. Clin. Microbiol.*, 51(5): 1639-1640.
- D'aeth, 1939** – D'aeth H.R.X. (1939). A survey of interaction between fungi. *Biological Reviews*, 14(2): 105-131.
- De Bel et al., 2010** – De Bel A., Wybo I., Piérard D., Lauwers S. (2010). Correct implementation of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in routine clinical microbiology. *J. Clin. Microbiol.*, 48(5): 1991.
- Del Chierico et al., 2016** – Del Chierico F., Di Cave D., Accardi C., Santoro M., Masotti A., D'Alfonso R., Berrilli F., Urbani A., Putignani L. (2016). Identification and typing of free-living Acanthamoeba spp. by MALDI-TOF MS Biotyper. *Exp. Parasitol.*, 170: 82-89.
- DeMarco and Ford, 2013** – DeMarco M.L., Ford B.A. (2013). Beyond identification: emerging and future uses for MALDI-TOF mass spectrometry in the clinical microbiology laboratory. *Clin. Lab. Med.*, 33(3): 611-628.
- Diaz, 2013** – Diaz L. (2013). Tecnica Cholodny Rossi, 23 September 2013. URL: <https://prezi.com/k25pm5dnejxf/tecnica-cholodny-rossi/>
- Dupont et al., 2010** – Dupont C., Sivadon-Tardy V., Bille E., Dauphin B., Beretti J.L., Alvarez A.S., Degand N., Ferroni A., Rottman M., Herrmann J.L., Nassif X., Ronco E., Carbonnelle E. (2010). Identification of clinical coagulase-negative staphylococci, isolated in microbiology laboratories, by matrix-assisted laser desorption/ionization-time of flight mass spectrometry and two automated systems. *Clin. Microbiol. Infect.*, 16(7): 998-1004.
- Emara et al., 2017** – Emara S., Amer S., Ali A., Abouleila Y., Oga A., Masujima T. (2017). Single-Cell Metabolomics. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 965: 323-343.
- Faron et al., 2015** – Faron M.L., Buchan B.W., Hyke J., Madisen N., Lillie J.L., Granato P.A., Wilson D.A., Procop G.W., Novak-Weekley S., Marlowe E., Cumpio J., Griego-Fullbright C., Kindig S., Timm K., Young S., Ledebor N.A. (2015). Multicenter Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper CA System for the Identification of Clinical Aerobic Gram-Negative Bacterial Isolates. *PLoS One.*, 10(11): E0141350-1 – E0141350-13.
- Faryal, 2014** – Faryal A. (2014). Rossi-Cholodny technique. Introduction. 04 April 2014. URL: <https://faryalkhushik.wordpress.com/2014/04/04/rossi-cholodny-technique/>
- Fiori et al., 2016** – Fiori B., D'Inzeo T., Giaquinto A., Menchinelli G., Liotti F.M., de Maio F., De Angelis G., Quaranta G., Nagel D., Tumbarello M., Posteraro B., Sanguinetti M., Spanu T. (2016). Optimized Use of the MALDI BioTyper System and the FilmArray BCID Panel for Direct Identification of Microbial Pathogens from Positive Blood Cultures. *J. Clin. Microbiol.*, 54(3): 576-584.
- Ford and Burnham, 2013** – Ford B.A., Burnham C.A. (2013). Optimization of routine identification of clinically relevant Gram-negative bacteria by use of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry and the Bruker Biotyper. *J. Clin. Microbiol.*, 51(5): 1412-1420.
- Forest, 1962** – Forest, H. S. (1962). Analysis of the soil algal community. *Transactions of the American Microscopical Society*, 81(2): 189-198.
- Fraser et al., 2016** – Fraser M., Brown Z., Houldsworth M., Borman A.M., Johnson E.M. (2016). Rapid identification of 6328 isolates of pathogenic yeasts using MALDI-ToF MS and a simplified, rapid extraction procedure that is compatible with the Bruker Biotyper platform and database. *Med. Mycol.*, 54(1): 80-88.
- Fu et al., 2016** – Fu Q., Tang J., Cui M., Xing J., Liu Z., Liu S. (2016). Application of porous metal enrichment probe sampling to single cell analysis using matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF-MS). *J. Mass Spectrom.*, 51(1): 62-68.

Gao et al., 2013 – Gao Y., Lin Y., Zhang B., Zou D., He M., Dong B., Hang W., Huang B. (2013). Single-cell elemental analysis via high irradiance femtosecond laser ionization time-of-flight mass spectrometry. *Anal. Chem.*, 85(9): 4268-4272.

Gholipour et al., 2008 – Gholipour Y., Nonami H., Erra-Balsells R. (2008). Application of pressure probe and UV-MALDI-TOF MS for direct analysis of plant underivatized carbohydrates in subpicoliter single-cell cytoplasm extract. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.*, 19(12): 1841-1848.

Golbraikh et al., 2003 – Golbraikh E., Rapis, E.G., Moiseev S.S. (2003). On the crack pattern formation in a freely drying protein film. *Technical Physics*, 48(10), 1333-1337.

Gradov, 2012 – Gradov O. V. (2012). Digital lab-on-a-chip as analog of soil chambers & rossi-cholodny slides. *VII Int. Symp. CBAFFF (7-th Fr. Progr.)*: 17–18.

Gradov, 2017 – Gradov O. V. (2017). Multi-functional microprobe lab-on-a-chip based on the active-pixel sensor with the position-sensitive cassette masks assembled from discrete converters of different biophysical and biochemical parameters into the optical response signals [invited paper]. *International Journal of Modern Physics*, 2(1): 23–28.

Gradov and Jablovkov, 2016 – Gradov O. V., Jablovkov A. G. (2016). Novel morphometrics-on-a-chip: CCD- or CMOS-lab-on-a-chip based on discrete converters of different physical and chemical parameters of histological samples into the optical signals with positional sensitivity for morphometry of non-optical patterns. *Journal of Biomedical Technologies*, (2):1–29.

Grenfell et al., 2016 – Grenfell R.C., da Silva Junior A.R., Del Negro G.M., Munhoz R.B., Gimenes V.M., Assis D.M., Rockstroh A.C., Motta A.L., Rossi F., Juliano L., Benard G., de Almeida Júnior J.N. (2016). Identification of *Candida haemulonii* Complex Species: Use of ClinProTools to Overcome Limitations of the Bruker Biotyper(TM), VITEK MS(TM) IVD, and VITEK MS(TM) RUO Databases. *Front. Microbiol.*, 7: 940.

Guillaume-Gentil et al., 2017 – Guillaume-Gentil O., Rey T., Kiefer P., Ibáñez A.J., Steinhoff R., Brönnimann R., Dorwling-Carter L., Zambelli T., Zenobi R., Vorholt J.A. (2017). Single-Cell Mass Spectrometry of Metabolites Extracted from Live Cells by Fluidic Force Microscopy. *Anal. Chem.*, 89(9): 5017-5023.

Guo et al., 2014 – Guo L., Ye L., Zhao Q., Ma Y., Yang J., Luo Y. (2014). Comparative study of MALDI-TOF MS and VITEK 2 in bacteria identification. *J. Thorac. Dis.*, 6(5): 534-538.

Halim et al., 2009 – Halim V.A., Muck A., Hartl M., Ibáñez A.J., Giri A., Erfurth F., Baldwin I.T., Svatos A. (2009). A dual fluorescent / MALDI chip platform for analyzing enzymatic activity and for protein profiling. *Proteomics*. 9(1): 171-181.

Hammarström et al., 2014 – Hammarström B., Nilson B., Laurell T., Nilsson J., Ekström S. (2014). Acoustic trapping for bacteria identification in positive blood cultures with MALDI-TOF MS. *Anal Chem.*, 86(21): 10560-10567.

Harju et al., 2017 – Harju I., Lange C., Kostrzewa M., Maier T., Rantakokko-Jalava K., Haanperä M. (2017). Improved Differentiation of *Streptococcus pneumoniae* and Other *S. mitis* Group Streptococci by MALDI Biotyper Using an Improved MALDI Biotyper Database Content and a Novel Result Interpretation Algorithm. *J. Clin. Microbiol.*, 55(3): 914-922.

Hartmann et al., 2015 – Hartmann E.M., Colquhoun D.R., Schwab K.J., Halden R.U. (2015). Absolute quantification of norovirus capsid protein in food, water, and soil using synthetic peptides with electrospray and MALDI mass spectrometry. *J. Haz. Mater.*, 286: 525-532.

He et al., 2010 – He Y., Li H., Lu X., Stratton C.W., Tang Y.W. (2010). Mass spectrometry biotyper system identifies enteric bacterial pathogens directly from colonies grown on selective stool culture media. *J. Clin. Microbiol.*, 48(11): 3888-3892.

Hirsch, Pankratz, 1970 – Hirsch P., Pankratz S. H. (1970). Study of bacterial populations in natural environments by use of submerged electron microscope grids. *J. Bas. Microbiol.*, 10(8), 589-605.

Hirte, 1965 – Hirte W. F. (1965). Arbeitsmethoden in der naturwissenschaftlichen und technischen Mikrobiologie. I. Die Anwendung der Verdünnungsplattenmethode zur Erfassung der Bodenmikroflora. 1. Der quantitative Nachweis. *Zentralbl. Bakteriol.*, 119: 429-447.

Hölscher et al., 2009 – Hölscher D., Shroff R., Knop K., Gottschaldt M., Crecelius A., Schneider B., Heckel D.G., Schubert U.S., Svatos A. (2009) Matrix-free UV-laser desorption / ionization (LDI) mass spectrometric imaging at the single-cell level: distribution of secondary metabolites of *Arabidopsis thaliana* and *Hypericum* species. *Plant J.*, 60(5): 907-918.

Hossen et al., 2015 – Hossen M.A., Nagata Y., Waki M., Ide Y., Takei S., Fukano H., Romero-Perez G.A., Tajima S., Yao I., Ohnishi K., Setou M. (2015). Decreased level of phosphatidylcholine (16:0/20:4) in multiple myeloma cells compared to plasma cells: a single-cell MALDI-IMS approach. *Anal. Bioanal. Chem.*, 407(18): 5273-5280.

Hsueh et al., 2014 – Hsueh P.R., Lee T.F., Du S.H., Teng S.H., Liao C.H., Sheng W.H., Teng L.J. (2014). Bruker biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system for identification of *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Kocuria*, *Gordonia*, *Tsukamurella*, and *Listeria* species. *J. Clin. Microbiol.*, 52(7): 2371-2379.

Hsueh et al., 2014 – Hsueh P.R., Kuo L.C., Chang T.C., Lee T.F., Teng S.H., Chuang Y.C., Teng L.J., Sheng W.H. (2014). Evaluation of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system for identification of blood isolates of *Acinetobacter* species. *J. Clin. Microbiol.*, 52(8): 3095-3100.

Imanishi et al., 2017 – Imanishi S.Y., Nakayama T., Asukabe H., Harada K.I. (2017). Application of MALDI Biotyper to cyanobacterial profiling. *Rapid Commun Mass Spectrom.* 31(4): 325-332.

Ivanova, 2016 – Ivanova B. (2016). Erratum to: Solid-state UV-MALDI mass spectrometric quantitation of fluroxypyr and triclopyr in soil. *Environ. Geochem. Health.*, 38(5): 1215.

Ivanova and Spiteller, 2015 – Ivanova B., Spiteller M. (2015). Solid-state UV-MALDI mass spectrometric quantitation of fluroxypyr and triclopyr in soil. *Environ. Geochem. Health.*, 37(3): 557-574.

Jablokov et al., 2015 – Jablokov A., Skrynnik A., Gradov O. (2015). Applications of tunable diode lasers and the tunable laser diode spectroscopy in tshachotin's microbeam setups for irradiation of biological tissues, cells and cellular compartments with positional selectivity. *Journal of Physical Chemistry & Biophysics*, 5(3): 74.

Jannasch, 1958 – Jannasch, H. W. (1958). Studies on planktonic bacteria by means of a direct membrane filter method. *Microbiology*, 18(3), 609-620.

Kim et al., 2017 – Kim S.W., Nho S.W., Im S.P., Lee J.S., Jung J.W., Lazarte J.M., Kim J., Lee W.J., Lee J.H., Jung T.S. (2017). Rapid MALDI biotyper-based identification and cluster analysis of *Streptococcus iniae*. *J. Microbiol.*, 55(4): 260-266.

Klepárník, 2013 – Klepárník K. (2013). Recent advances in the combination of capillary electrophoresis with mass spectrometry: from element to single-cell analysis. *Electrophoresis.*, 34(1): 70-85.

Kling, 2001 – Kling J. (2001). MALDI chip shot. *Anal Chem.*, 73(3): 68A, 70A.

Kok et al., 2013 – Kok J., Chen S.C., Dwyer D.E., Iredell J.R. (2013). Current status of matrix-assisted laser desorption ionisation-time of flight mass spectrometry in the clinical microbiology laboratory. *Pathology*, 45(1): 4-17.

Krismer et al., 2015 – Krismer J., Sobek J., Steinhoff R.F., Fagerer S.R., Pabst M., Zenobi R. (2015). Screening of *Chlamydomonas reinhardtii* Populations with Single-Cell Resolution by Using a High-Throughput Microscale Sample Preparation for Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Mass Spectrometry. *Appl. Environ. Microbiol.*, 81(16): 5546-5551.

Krismer et al., 2016 – Krismer J., Steinhoff R.F., Zenobi R. (2016). Single-cell MALDI Tandem Mass Spectrometry: Unambiguous Assignment of Small Biomolecules from Single *Chlamydomonas reinhardtii* Cells. *Chimia*, 70(4): 236-239.

Kumari N. Rossi Cholodney Tech. <http://www.authorstream.com/Presentation/ayesha2-1205282-rossi-cholodney-tech/>

Kurokawa et al., 2013 – Kurokawa S., Kabayama J., Fukuyasu T., Hwang S.D., Park C.I., Park S.B., del Castillo C.S., Hikima J., Jung T.S., Kondo H., Hirono I., Takeyama H., Aoki T. (2013). Bacterial classification of fish-pathogenic *Mycobacterium* species by multigene phylogenetic analyses and MALDI Biotyper identification system. *Mar. Biotechnol.*, 15(3):340-348.

Långmark et al., 2001 – Långmark J., Ashbolt N.J., Szewzyk U., Stenström T.A. (2001). Adequacy of in situ glass slides and direct sand extractions to assess the microbiota within sand columns used for drinking water treatment. *Canadian journal of microbiology*, 47(7): 601-607.

Lee et al., 2017 – Lee H.S., Shin J.H., Choi M.J., Won E.J., Kee S.J., Kim S.H., Shin M.G., Suh S.P. (2017). Comparison of the Bruker Biotyper and VITEK MS Matrix-Assisted Laser Desorption / Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry Systems Using a Formic Acid Extraction Method to Identify Common and Uncommon Yeast Isolates. *Ann. Lab. Med.*, 37(3): 223-230.



Lévesque et al., 2015 – Lévesque S., Dufresne P.J., Soualhine H., Domingo M.C., Bekal S., Lefebvre B., Tremblay C. (2015). A Side by Side Comparison of Bruker Biotyper and VITEK MS: Utility of MALDI-TOF MS Technology for Microorganism Identification in a Public Health Reference Laboratory. *PLoS One*, 10(12): e0144878.

Li et al., 2000 – Li L., Garden R.W., Sweedler J.V. (2000). Single-cell MALDI: a new tool for direct peptide profiling. *Trends Biotechnol.* 18(4): 151-160.

Li et al., 2017 – Li X., Chen X., Tan J., Liang X., Wu J. (2017). Palladium modified porous silicon as multi-functional MALDI chip for serum peptide detection. *Analyst*, [in press]

Lohmann et al., 2013 – Lohmann C., Sabou M., Moussaoui W., Prévost G., Delarbre J.M., Candolfi E., Gravet A., Letscher-Bru V. (2013). Comparison between the Biflex III-Biotyper and the Axima-SARAMIS systems for yeast identification by matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 51(4):1231-6.

Mach, 2012 – Mach J. (2012). Mass spectrometry imaging with single-cell resolution: spatial distribution of lipids in cotton seeds. *Plant Cell*, 24(2): 371.

Mancini et al., 2013 – Mancini N., De Carolis E., Infurnari L., Vella A., Clementi N., Vaccaro L., Ruggeri A., Posteraro B., Burioni R., Clementi M., Sanguinetti M. (2013). Comparative evaluation of the Bruker Biotyper and Vitek MS matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight (MALDI-TOF) mass spectrometry systems for identification of yeasts of medical importance. *J. Clin. Microbiol.*, 51(7): 2453-2457.

Marko et al., 2012 – Marko D.C., Saffert R.T., Cunningham S.A., Hyman J., Walsh J., Arbefeville S., Howard W., Pruessner J., Safwat N., Cockerill F.R., Bossler A.D., Patel R., Richter S.S. (2012). Evaluation of the Bruker Biotyper and Vitek MS matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry systems for identification of nonfermenting gram-negative bacilli isolated from cultures from cystic fibrosis patients. *J. Clin. Microbiol.*, 50(6): 2034-2039.

Masujima, 2009 – Masujima T. (2009). Live single-cell mass spectrometry. *Anal. Sci.*, 25(8): 953-960.

McElvania TeKippe and Burnham., 2014 – McElvania TeKippe E., Burnham C.A. (2014). Evaluation of the Bruker Biotyper and VITEK MS MALDI-TOF MS systems for the identification of unusual and/or difficult-to-identify microorganisms isolated from clinical specimens. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, 33(12): 2163-2171.

McElvania Tekippe, 2013 – McElvania Tekippe E., Shuey S., Winkler D.W., Butler M.A., Burnham C.A. (2013). Optimizing identification of clinically relevant Gram-positive organisms by use of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system. *J. Clin. Microbiol.*, 51(5): 1421-1427.

Moon et al., 2013 – Moon H.W., Lee S.H., Chung H.S., Lee M., Lee K. (2003). Performance of the Vitek MS matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry system for identification of Gram-positive cocci routinely isolated in clinical microbiology laboratories. *J. Med. Microbiol.*, 62(Pt 9): 1301-6.

Moshynets et al., 2011 – Moshynets O.V., Koza A., Dello Sterpaio P., Kordium V. A., Spiers A.J. (2011). Up-dating the Cholodny method using PET films to sample microbial communities in soil. *Biopolymers & Cell*, 27 (3): 199-205.

Nair, 1970 – Nair N. G. (1979). Studies on the behaviour of mushroom spores in relation to the epidemiology of virus disease. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30(6): 1123-1132.

Neupert et al., 2005 – Neupert S., Predel R., Russell W.K., Davies R., Pietrantonio P.V., Nachman R.J. (2005). Identification of tick periviscerokin, the first neurohormone of Ixodidae: single cell analysis by means of MALDI-TOF/TOF mass spectrometry. *Biochem. Biophys. Res Commun.*, 338(4): 1860-1864.

Ngan et al., 2012 – Ngan G.J., Lin R.T., Teo J.W. (2012). Utility of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionisation time-of-flight mass spectrometer in a clinical microbiology laboratory. *Pathology*, 44(5): 493-496.

Notchenko and Gradov, 2013 – Notchenko A. V. and Gradov O. V. (2013). Elementary morphometric labs-on-a-chip based on hemocytometric chambers with radiofrequency culture identification and relay of spectrozonal histochemical monitoring. *Visualization, Image Processing and Computation in Biomedicine*, 2(1).

Oganessian et al., 2015 – Oganessian V.A., Notchenko A.V., Gradov O.V. (2015). Multispectral topological laser speckle analyzers of proliferation and differentiation activity during morphogenesis based on tunable laser diodes and spectrometric fingerprinting of the cell cycle stages. *Journal of Physical Chemistry & Biophysics*, 5(3): 75.

Ong et al., 2015 – Ong T.H., Kissick D.J., Jansson E.T., Comi T.J., Romanova E.V., Rubakhin S.S., Sweedler J.V. (2015). Classification of Large Cellular Populations and Discovery of Rare Cells Using Single Cell Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Anal Chem.*, 87(14): 7036-7042.

Oppenheimer and ZoBell, 1952 – Oppenheimer C.H., ZoBell C.E (1952). Bacterial populations in seawater as determined by different methods of enumeration. *Limnol. Oceanogr.*, 4: 128-139.

Orehov, Gradov, 2017 – Orehov T. C. and Gradov O. V. (2017). Spectroscopic tunable laser rheogoniometer for weissenberg effect observation in condensed milk products as liquids with nonnewtonian viscosity. In: *AERC 2017: 11th Annual European Rheology Conference & 26th Nordic Rheology Conference (April 3 – 6, 2017; Copenhagen, Denmark)*, volume 1, pages 104–105. Copenhagen, Denmark.

Orehov et al., 2016 – Orehov F. K., Jablovkov A. G., Skrynnik A. A. (2016). Hybridization of laser-induced spectrofluorescence analysis (LIFS), matrix-assisted laser desorption / ionization mass spectrometry (MALDI), fluorescence recovery after photobleaching (FRAP) and fluorescence loss in photobleaching (FLIP) microtechnics. *Journal of Biomedical Technologies*, (2): 42–52.

Passarelli and Ewing, 2013 – Passarelli M.K., Ewing A.G. (2013). Single-cell imaging mass spectrometry. *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 17(5): 854-859.

Patel, 2013 – Patel R. (2013). MALDI-TOF mass spectrometry: transformative proteomics for clinical microbiology. *Clin. Chem.*, 59(2): 340-342.

Patel, 2013 – Patel R. (2013). Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in clinical microbiology. *Clin. Infect. Dis.*, 57(4): 564-572.

Perdian et al., 2010 – Perdian D.C., Cha S., Oh J., Sakaguchi D.S., Yeung E.S., Lee Y.J. (2010). In situ probing of cholesterol in astrocytes at the single-cell level using laser desorption ionization mass spectrometric imaging with colloidal silver. *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 24(8): 1147-1154.

Pipe, Cullimore, 1980 – Pipe A.E., Cullimore D.R. (1980). An implanted slide technique for examining the effects of the herbicide diuron on soil algae. *Bull. Environment. Contam. Toxicol.*, 24(1): 306-312.

Prasad, 1977 – Prasad M. (1977). Microbial Society and its Activity in the Soil. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Zweite Naturwissenschaftliche Abteilung: Allgemeine, Landwirtschaftliche und Technische Mikrobiologie*, 132(7): 659-665.

Rapis, 1995 - Rapis E.G. (1995). The self-organization of protein. *Technical Physics Letters*, 21: 321-324.

Rapis, 2000 – Rapis E.G. (2000). Self-assembly of cluster protein films (allotropic nonequilibrium noncrystalline modification) during the process or their condensation. *Technical Physics*, 45(1): 121-131.

Rapis, 2001 – Rapis E. (2001). Properties and symmetry of the solid cluster phase of protein. *Technical Physics*, 46(10): 1307-1313.

Rapis, 2002 – Rapis E. (2002). A change in the physical state of a nonequilibrium blood plasma protein film in patients with carcinoma. *Technical Physics*, 47(4): 510-512.

Rapis, 2004 - Rapis E. (2004). Self-organization and supramolecular chemistry of protein films from the nano-to the macroscale. *Technical Physics*, 49(4): 494-498.

Rapis, 2005 - Rapis E. (2005). On the problem of nucleation (cell formation) in self-organization of protein nanostructures in vitro and in vivo. *Technical physics*, 50(6): 780-786.

Rapis, 2005 – Rapis E. (2005). Relaxation of the energy of the protein colloidal solution arising at drying in open and closed systems. *Technical physics*, 50(9): 1236-1238.

Rapis, 2006 – Rapis E. (2006). Nonequilibrium state of self-organized protein nanostructures. *Technical physics*, 51(2): 268-273.

Rapis, 2007 - Rapis E. (2007). On the nonequilibrium phase transition in protein. *Technical Physics*, 52(6): 787-792.

[Rapis, 2008](#) – *Rapis E.* (2008). Evolutionary aspect of protein self-organization. *Technical Physics*, 53(6), 783-788.

[Rapis, Gasanova, 1991](#) – *Rapis E.G., Gasanova G.* (1991). Autowave process in the dynamics of phase transition in a protein film. *Technical physics*, 36(4): 406-412.

[Rawlins et al., 2015](#) – *Rawlins C.M., Salisbury J.P., Feldman D.R., Isim S., Agar N.Y., Luther E., Agar J.N.* (2015). Imaging and Mapping of Tissue Constituents at the Single-Cell Level Using MALDI MSI and Quantitative Laser Scanning Cytometry. *Meth. Mol Biol.*, 1346: 133-149.

[Rhizoctonia solani, biology and pathology, 1970](#) – Parmeter, J. R. (Ed.). (1970). *Rhizoctonia solani, biology and pathology*. Univ of California Press. 1970

[Richter et al., 2012](#) – *Richter C., Hollstein S., Woloszyn J., Kaase M., Gatermann S.G., Szabados F.* (2012). Evaluation of species-specific score cut-off values for various *Staphylococcus* species using a MALDI Biotyper-based identification. *J. Med. Microbiol.*, 61(Pt 10): 1409-16.

[Rodríguez-Sánchez et al., 2016](#) – *Rodríguez-Sánchez B., Ruiz-Serrano M.J., Ruiz A., Timke M., Kostrzewa M., Bouza E.* (2016). Evaluation of MALDI Biotyper Mycobacteria Library v3.0 for Identification of Nontuberculous Mycobacteria. *J. Clin. Microbiol.*, 54(4): 1144-1147.

[Rubakhin and Sweedler, 2008](#) – *Rubakhin S.S., Sweedler J.V.* (2008). Quantitative measurements of cell-cell signaling peptides with single-cell MALDI MS. *Anal. Chem.*, 80(18): 7128-7136.

[Saffert et al., 2011](#) – *Saffert R.T., Cunningham S.A., Ihde S.M., Jobe K.E., Mandrekar J., Patel R.* (2011). Comparison of Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometer to BD Phoenix automated microbiology system for identification of gram-negative bacilli. *J. Clin. Microbiol.*, 49(3): 887-892.

[Santos et al., 2016](#) – *Santos I.C., Hildenbrand Z.L., Schug K.A.* Applications of MALDI-TOF MS in environmental microbiology. *Analyst*, 141(10): 2827-2837.

[Schmidt et al., 2014](#) – *Schmidt A.M., Fagerer S.R., Jefimovs K., Buettner F., Marro C., Siringil E.C., Boehlen K.L., Pabst M., Ibáñez A.J.* (2014). Molecular phenotypic profiling of a *Saccharomyces cerevisiae* strain at the single-cell level. *Analyst*, 139(22): 5709-17.

[Schmitt et al., 2013](#) – *Schmitt B.H., Cunningham S.A., Dailey A.L., Gustafson D.R., Patel R.* (2013). Identification of anaerobic bacteria by Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry with on-plate formic acid preparation. *J. Clin. Microbiol.*, 51(3): 782-686.

[Schober et al., 2012](#) – *Schober Y., Guenther S., Spengler B., Römpf A.* (2012). Single cell matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry imaging. *Anal. Chem.*, 84(15): 6293-6297.

[Schulthess et al., 2014](#) – *Schulthess B., Bloemberg G.V., Zbinden R., Böttger E.C., Hombach M.* (2014). Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper for identification of Gram-positive rods: development of a diagnostic algorithm for the clinical laboratory. *J. Clin. Microbiol.*, 52(4): 1089-1097.

[Schulthess et al., 2014](#) – *Schulthess B., Ledermann R., Mouttet F., Zbinden A., Bloemberg G.V., Böttger E.C., Hombach M.* (2014). Use of the Bruker MALDI Biotyper for identification of molds in the clinical mycology laboratory. *J. Clin. Microbiol.*, 52(8): 2797-2803.

[Schulthess et al., 2016](#) – *Schulthess B., Bloemberg G.V., Zbinden A., Mouttet F., Zbinden R., Böttger E.C., Hombach M.* (2016). Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper for Identification of Fastidious Gram-Negative Rods. *J. Clin. Microbiol.*, 54(3): 543-548.

[Seng et al., 2010](#) – *Seng P., Rolain J.M., Fournier P.E., La Scola B., Drancourt M., Raoult D.* (2010). MALDI-TOF-mass spectrometry applications in clinical microbiology. *Future Microbiol.*, 5(11): 1733-1754.

[Seng et al., 2013](#) – *Seng P., Abat C., Rolain J.M., Colson P., Lagier J.C., Gouriet F., Fournier P.E., Drancourt M., La Scola B., Raoult D.* (2013). Identification of rare pathogenic bacteria in a clinical microbiology laboratory: impact of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 51(7): 2182-2194.

[Shabalín et al., 1994](#) – *Shabalín V.N., Shatokhina S.N., Dutov V.V., Trapeznikova M.F., Morozov A.P., Mitroshnikov A.N.* et al. (1994). U.S. Patent No. 5,366,899. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[Shabalin, Shatokhina, 1996](#) – *Shabalin V.N., Shatokhina S.N.* (1996). Autogenous rhythms and self-organization of biological fluids. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 122(4): 967-973.

[Shabalin, Shatokhina, 2007](#) – *Shabalin V. N., Shatokhina S. N.* (2007). Diagnostic markers in the structures of human biological liquids. *Singapore medical journal*, 48(5): 440.

[Shan et al., 2002](#) – *Shah H.N., Keys C.J., Schmid O., Gharbia S.E.* (2002). Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry and proteomics: a new era in anaerobic microbiology. *Clin. Infect. Dis.*, 35(Suppl 1): S58-S64.

[Shimizu et al., 2002](#) – *Shimizu M., Levi-Schaffer F., Ojima N., Shingaki T., Masujima T.* (2002). A single-cell matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass-spectroscopic assay of the cell-maturation process. *Anal. Sci.*, 18(2): 107-108.

[Skrynnik, 2015](#) – *Skrynnik A.* (2015). Laser scanning biological microscope for non-invasive studies of the cell structures without fluorescent dyes. In: *Super-resolution in different dimensions*, page 87. OJSC "Human Stem Cell Institute," Moscow, Russia Moscow, Russia.

[Sogawa et al., 2011](#) – *Sogawa K., Watanabe M., Sato K., Segawa S., Ishii C., Miyabe A., Murata S., Saito T., Nomura F.* (2011). Use of the MALDI BioTyper system with MALDI-TOF mass spectrometry for rapid identification of microorganisms. *Anal. Bioanal. Chem.*, 400(7): 1905-1911.

[Sulochana, 1952](#) – *Sulochana C.B.* (1952). Soil conditions and root diseases. *Proceedings: Plant Sciences*, 36(6), 234-242.

[Szabados et al., 2010](#) – *Szabados F., Woloszyn J., Richter C., Kaase M., Gattermann S.* (2010). Identification of molecularly defined *Staphylococcus aureus* strains using matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry and the Biotyper 2.0 database. *J. Med. Microbiol.*, 59(Pt 7): 787-790.

[Theel et al., 2012](#) – *Theel E.S., Schmitt B.H., Hall L., Cunningham S.A., Walchak R.C., Patel R., Wengenack N.* (2012). Formic acid-based direct, on-plate testing of yeast and *Corynebacterium* species by Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 50(9): 3093-3095.

[Tsirogianni et al., 2005](#) – *Tsirogianni E., Aivaliotis M., Karas M., Tsiotis G.* (2005) Detection and characterisation of catechol 2,3-dioxygenase in an indigenous soil pseudomonad by MALDI-TOF MS using a column separation. *Biodegradation*, 16(2): 181-186.

[Uhlik et al., 2011](#) – *Uhlik O., Strejcek M., Junkova P., Sanda M., Hroudova M., Vlcek C., Mackova M., Macek T.* (2011). Matrix-assisted laser desorption ionization (MALDI)-time of flight mass spectrometry- and MALDIbiotyper-based identification of cultured biphenyl-metabolizing bacteria from contaminated horseradish rhizosphere soil. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77(19): 6858-6866.

[van Veen et al., 2010](#) – *van Veen S.Q., Claas E.C., Kuijper E.J.* (2010). High-throughput identification of bacteria and yeast by matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in conventional medical microbiology laboratories. *J. Clin. Microbiol.*, 48(3): 900-907.

[Veloo et al., 2016](#) – *Veloo A.C., de Vries E.D., Jean-Pierre H., Justesen U.S., Morris T., Urban E., Wybo I., van Winkelhoff A.J.* (2016). The optimization and validation of the Biotyper MALDI-TOF MS database for the identification of Gram-positive anaerobic cocci. *Clin. Microbiol. Infect.*, 22(9): 793-798.

[Walker et al., 2012](#) – *Walker B.N., Stolee J.A., Vertes A.* (2012). Nanophotonic ionization for ultratrace and single-cell analysis by mass spectrometry. *Anal. Chem.*, 84(18): 7756-7762.

[Wang et al., 2013](#) – *Wang X.H., Zhang G., Fan Y.Y., Yang X., Sui W.J., Lu X.X.* (2013). Direct identification of bacteria causing urinary tract infections by combining matrix-assisted laserdesorption ionization-time of flight mass spectrometry with UF-1000i urine flow cytometry. *Journ. Microbiol. Meth.*, 92(3): 231-235.

[Wang et al., 2016](#) – *Wang H., Chen Y.L., Teng S.H., Xu Z.P., Xu Y.C., Hsueh P.R.* (2016). Evaluation of the Bruker Biotyper Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry System for Identification of Clinical and Environmental Isolates of *Burkholderia pseudomallei*. *Front. Microbiol.*, 7: 4151-415-8.

[Wang et al., 2016b](#) – *Wang H., Fan Y.Y., Kudinha T., Xu Z.P., Xiao M., Zhang L., Fan X., Kong F., Xu Y.C.* (2016). A Comprehensive Evaluation of the Bruker Biotyper MS and Vitek MS Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry Systems for

Identification of Yeasts, Part of the National China Hospital Invasive Fungal Surveillance Net (CHIF-NET) Study, 2012 to 2013. *J. Clin. Microbiol.*, 54(5): 1376-1380.

Welker and Moore, 2011 – Welker M., Moore E.R. (2011). Applications of whole-cell matrix-assisted laser-desorption/ionization time-of-flight massspectrometry in systematic microbiology. *Syst. Appl. Microbiol.*, 34(1): 2-11.

Wilson et al., 2017 – Wilson D.A., Young S., Timm K., Novak-Weekley S., Marlowe E.M., Madisen N., Lillie J.L., Ledebor N.A., Smith R., Hyke J., Griego-Fullbright C., Jim P., Granato P.A., Faron M.L., Cumpio J., Buchan B.W., Procop G.W. (2017). Multicenter Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper CA System for the Identification of Clinically Important Bacteria and Yeasts. *Am J Clin Pathol.* [in press]

Wimmer et al., 2012 – Wimmer J.L., Long S.W., Cernoch P., Land G.A., Davis J.R., Musser J.M., Olsen R.J. (2012). Strategy for rapid identification and antibiotic susceptibility testing of gram-negative bacteria directly recovered from positive blood cultures using the Bruker MALDI Biotyper and the BD Phoenix system. *J. Clin. Microbiol.*, 50(7): 2452-2444.

Wojewoda et al., 2013 – Wojewoda C. {Education Committee of the Academy of Clinical Laboratory Physicians and Scientists} (2013). Pathology consultation on matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight massspectrometry for microbiology. *Am. Journ. Clin. Pathol.*, 140(2): 143-148.

Xiao et al., 2014 – Xiao D., Zhang H., He L., Peng X., Wang Y., Xue G., Su P., Zhang J. (2014). High natural variability bacteria identification and typing: Helicobacter pylori analysis based on peptide mass fingerprinting. *J. Proteomics.*, 98: 112-122.

Xiong et al., 2016 – Xiong C., Zhou X., He Q., Huang X., Wang J., Peng W.P., Chang H., Nie Z. (2016). Development of Visible-Wavelength MALDI Cell Mass Spectrometry for High-Efficiency Single-Cell Analysis. *Anal. Chem.*, 88(23): 11913-11918.

Yan et al., 2011 – Yan Y., He Y., Maier T., Quinn C., Shi G., Li H., Stratton C.W., Kostrzewa M., Tang Y.W. (2011). Improved identification of yeast species directly from positive blood culture media by combining Sepsityper specimen processing and Microflex analysis with the matrix-assisted laser desorption ionization Biotyper system. *Journ. Clin. Microbiol.*, 49(7): 2528-2532.

Yang et al., 2016 – Yang T., Gao D., Jin F., Jiang Y., Liu H. (2016). Surface-printed microdot array chips coupled with matrix-assisted laser desorption/ionization massspectrometry for high-throughput single-cell patterning and phospholipid analysis. *Rapid Comm. Mass Spectrom.* Suppl. 1: 73-79.

Zaytsev et al., 2015 – Zaytsev E.V., Orehov F. K., Gradov O. V. (2015). Spectral laser freezing point depression osmometers for medical biochemical/biophysical measurements & automatic recording of physico-chemical dynamics & reaction-diffusion kinetics of biocrystallization using multi-wavelength tunable diode laser modules. In: *AERC 2017: 11th Annual European Rheology Conference & 26th Nordic Rheology Conference (April 3 – 6, 2017; Copenhagen, Denmark)*.

Виро и др., 2012 – Виро О.Я., Иванов О.А., Нецветаев Н.Ю., Харламов В.М. Элементарная топология. 2-е изд., исправл. М.: МЦНМО, 2012. 358+х с.

## References

Viro et al., 2012 – Viro O.Y., Ivanov O.A., Netsvetaev N.Y., Harlamov V.M. Elementary topology. Moscow, Moscow center for lifelong mathematical learning, 2012, 358 p.

Gradov, 2012a – Gradov O.V. (2012). Microtunnel multiparametric telemetric setups for continuous flow analysis of swamp media. In: *Swarm ecosystems*, PGU, Yoshkar-Ola, pp. 134–138.

Gradov, 2012b – Gradov O.V. (2012). Nonstandard greenhouse soil monitoring using CMOS soil chambers in lab-on-a-chip format. *Greenhouse Land*, (5): 43-46.

Gradov, 2012c – Gradov O.V. (2012). Digital array soil chambers and slides as lab-on-a-chip-sensors for swamp microbiology monitoring., In: *Swarm ecosystems*, PGU, Yoshkar-Ola, pp. 129–133.

Gradov, 2015a – Gradov O.V. (2015). Radiochemical microreactor and lab-on-a-chip based on scintillators with different quenching factors and specific shifters with different spectral emission characteristics. *Radiochemistry-2015*, p. 399.

Gradov, 2015b – Gradov O.V. (2015b). Novel principle for design of CMOS-lab-on-a-chip: field-driven soft matter architecture with multiple analogue signal converters into optical signal for multiparametric analysis. In: *Actual problems of physical and functional electronics*, pp. 64–65.

[Gradov, 2016](#) – *Gradov O.V.* (2016). Multiparametric lab-on-a-chip for position sensitive biochemical and physico-chemical measurements. “Scientific Instruments Conference”, Moscow, Federal State Unitary Enterprise Experimental Factory of Scientific Engineering and Special Design Department of Russian Academy of Sciences, pp. 183–185.

[Gradov et al., 2017a](#) – *Gradov O.V., Skrynnik A.A., Jablokow A.G.* (2017). Dynamical time-lapse morphometry of mixomycetes on a chip. *Mycology in Russia*, 6:92–94.

[Gradov et al., 2017b](#) – *Gradov O.V., Zaytsev E.V., Skrynnik A.A., Jablov A.G.* (2017). Laser videomilliosmometry as a tool for osmotrophy analysis. *Mycology in Russia*, 6:94-96.

[Gradov, Notchenko, 2012a](#) – *Gradov O.V., Notchenko A.V.* (2012). Accessible morphohistochemical labs-on-a-chip based on different counting chambers' grids: microfluidic morphodynamical workstations. *Morphologia*, 6(1): 5-19.

[Gradov, Notchenko, 2012b](#) – *Gradov O.V., Notchenko A.V.* (2012). Spectrozonol lab-on-a-chip with RF broadcasting. In: FREME-2012, Vol. 3 (6): 63-68.

[Gradov, Notchenko, 2017](#) – *Gradov O.V., Notchenko A.V.* (2012). Indication of stages / phase of cytotomy by mapping isophot of specklogram and digital analysis of borderness. *Biomedical Engineering and Electronics*, 1(15): 106-110.

[Zavarzin, 2004](#) – *Zavarzin, G.A.* (2004). Lectures on natural landscape microbiology. Moscow, Science, 2004, 348 p.

[Notchenko, Gradov, 2011](#) – *Notchenko A.V., Gradov O.V.* (2011). Topological laser speckle analyzer of differentiation and proliferation activity during morphogenesis in cell cultures морфогенезі. *Morphologia*, 5(4): 10-19.

[Omelyanski, 1924](#) – *Omelyanskiy V.L.* (1924). Miscoorganisms as chemical reagents Leningrad. Sci, Chem.-Tech. Press, 1924, 54 p.

[Omelyanski, 1929](#) – *Omelyanskiy V.L.* (1929). Short course of general and soil microbiology. Moscow – Leningrad, OGIZ, 1929, 184 p.

[Omelyanski, 1940](#) – *Omelyanskiy V.L.* (1940). Praktical handbook for microbiologists. Moscow – Leningrad, Academy of sciences (USSR), 1940, 432 p.

[Pasteur, 1864](#) – *Pasteur L.* (1864). About atmospheric organized bodies. Saint Petersburg, Tschervyakov typography, 1864, 110 c.

[Rhiznichenko, Rubin, 1993](#) – *Rhiznichenko G.Y., Rubin A.B.* (1993). Mathematical models of production processes. Moscow State University Press, Moscow, 1993, 302 p.

[Rhiznichenko, Rubin, 2004](#) – *Rhiznichenko G.Y., Rubin A.B.* (2004). Biophysical dynamics of production processes. IKI, Moscow-Izhevsk, 2004. 464 p.

[Agnihotrudu, 1962](#) – *Agnihotrudu V.* (1962). A comparison of some techniques for the isolation of fungi from tea soils. *Mycopathologia*, 16(3), 235-242.

[Alatoom et al., 2011](#) – *Alatoom A.A., Cunningham S.A., Ihde S.M., Mandrekar J., Patel R.* (2011). Comparison of direct colony method versus extraction method for identification of gram-positive cocci by use of Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 49(8): 2868-2873.

[Alexandrov et al., 2015](#) – *Alexandrov P., Notchenko A., Gradova M., Gradov O.* (2015). Simultaneous in situ detection of the optical fluorescence, fluorescence recovery kinetics after photobleaching & membrane ion flux on the electrophysiological lab-on-a-chip. *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5):118–122.

[Alvarez-Buylla et al., 2012](#) – *Alvarez-Buylla A., Culebras E., Picazo J.J.* (2012). Identification of Acinetobacter species: is Bruker biotyper MALDI-TOF mass spectrometry a good alternative to molecular techniques? *Infect Genet Evol.*, 12(2): 345-349.

[Amantonico et al., 2010](#) – *Amantonico A., Urban P.L., Fagerer S.R., Balabin R.M., Zenobi R.* (2010). Single-cell MALDI-MS as an analytical tool for studying intrapopulation metabolic heterogeneity of unicellular organisms. *Anal. Chem.*, 82(17): 7394-7400.

[Avanzi et al., 2017](#) – *Avanzi I.R., Gracioso L.H., Baltazar M.D., Karolski B., Perpetuo E.A., do Nascimento C.A.* (2017). Rapid bacteria identification from environmental mining samples using MALDI-TOF MS analysis. *Envir. Sci. Pollut. Res. Int.*, 24(4): 3717-3726.

[Barreau et al., 2013](#) – *Barreau M., Pagnier I., La Scola B.* (2013). Improving the identification of anaerobes in the clinical microbiology laboratory through MALDI-TOF mass spectrometry. *Anaerobe*, 22: 123-125.

- [Bizzini et al., 2010](#) – Bizzini A., Durussel C., Bille J., Greub G., Prod'hom G. (2010). Performance of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry for identification of bacterial strains routinely isolated in a clinical microbiology laboratory. *Journ. Clin. Microbiol.*, 48(5): 1549-1554.
- [Blair, 1943](#) – Blair I. D. (1943). Behaviour of the fungus *Rhizoctonia solani* Kiihn in the soil. *Annals of applied Biology*, 30(2), 118-127.
- [Boggio et al., 2011](#) – Boggio K.J., Obasuyi E., Sugino K., Nelson S.B., Agar N.Y., Agar J.N. (2011). Recent advances in single-cell MALDI mass spectrometry imaging and potential clinical impact. *Exp. Rev. Proteom.*, 8(5): 591-604.
- [Brivio et al., 2005](#) – Brivio M., Tas N.R., Goedbloed M.H., Gardeniers H.J., Verboom W., van den Berg A., Reinhoudt D.N. (2005). A MALDI-chip integrated system with a monitoring window. *Lab Chip*, 5(4): 378-381.
- [Brown, 1958](#) – Brown J.C. (1958). Fungal mycelium in dune soils estimated by a modified impression slide technique. *Transactions of the British Mycological Society*, 41(1): 81-88.
- [Buchan et al., 2012](#) – Buchan B.W., Riebe K.M., Ledebner N.A. (2012). Comparison of the MALDI Biotyper system using Sepsityper specimen processing to routine microbiological methods for identification of bacteria from positive blood culture bottles. *Journ. Clin. Microbiol.*, 50(2): 346-352.
- [Budin et al., 2012](#) – Budin G., Chung H.J., Lee H., Weissleder R. (2012). A magnetic Gram stain for bacterial detection. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 51(31): 7752-7755.
- [Chang et al., 2015](#) – Chang Q., Ornatsky O.I., Koch C.J., Chaudary N., Marie-Egyptienne D.T., Hill R.P., Tanner S.D., Hedley D.W. (2015). Single-cell measurement of the uptake, intratumoral distribution and cell cycle effects of cisplatin using mass cytometry. *Int. J. Cancer.*, 136(5): 1202-1209.
- [Chen et al., 2010](#) – Chen S.Y., Li K.I., Yu C.S., Wang J.S., Hu Y.C., Lai C.C. (2010). A radiate microstructure MALDI chip for sample concentration and detection. *Anal. Chem.*, 82(14): 5951-5957.
- [Chen et al., 2011](#) – Chen S.Y., Juang Y.M., Chien M.W., Li K.I., Yu C.S., Lai C.C. (2011). Magnetic iron oxide nanoparticle enrichment of phosphopeptides on a radiate microstructure MALDI chip. *Analyst*, 136(21): 4454-4459.
- [Chen et al., 2015](#) – Chen Y.S., Liu Y.H., Teng S.H., Liao C.H., Hung C.C., Sheng W.H., Teng L.J., Hsueh P.R. (2015). Evaluation of the matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry Bruker Biotyper for identification of *Penicillium marneffei*, *Paecilomyces* species, *Fusarium solani*, *Rhizopus* species, and *Pseudallescheria boydii*. *Front. Microbiol.*, 6: 679.
- [Cheng et al., 2015](#) – Cheng W.C., Jan I.S., Chen J.M., Teng S.H., Teng L.J., Sheng W.H., Ko W.C., Hsueh P.R. (2015). Evaluation of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system for identification of blood isolates of *Vibrio* species. *Journ. Clin. Microbiol.*, 53(5): 1741-1744.
- [Chesters & Thornton, 1956](#) – Chesters C. G., Thornton R.H. (1956). A comparison of techniques for isolating soil fungi. *Transactions of the British Mycological Society*, 39(3): 301-313.
- [Chien et al., 2016](#) – Chien J.Y., Lee T.F., Du S.H., Teng S.H., Liao C.H., Sheng W.H., Teng L.J., Hsueh P.R. (2016). Applicability of an in-House Saponin-Based Extraction Method in Bruker Biotyper Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry System for Identification of Bacterial and Fungal Species in Positively Flagged Blood Cultures. *Front. Microbiol.*, 7: 1432.
- [Chiu, 2014](#) – Chiu T.C. (2014). Recent advances in bacteria identification by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry using nanomaterials as affinity probes. *Int. J. Mol. Sci.*, 15(5): 7266-7280.
- [Cholodny, 1929](#) – Cholodny N. (1929). Zur Methodik der quantitativen Erforschung des bakteriellen Planktons. *Zentralbl. Bakteriol. Parasitenkd. Infektionskr. Hyg. A*, 77: 179-193.
- [Cholodny, 1930](#) – Cholodny N. (1930). Über eine neue Methode zur Untersuchung der Bodenmikroflora. *Archiv für Mikrobiologie*, 1(1): 620-652.
- [Cholodny, 1934](#) – Cholodny N.G. (1934). A soil chamber as a method for the microscopic study of the soil microflora. *Archives of Microbiology*, 5(1): 148-156.
- [Cholodny, 1936](#) – Cholodny N.G. (1936). Bodenstaubkulturen und die Mikroflora des Bodens. *Archiv für Mikrobiologie*, 7(1): 286-296.

Clark et al., 2013 – Clark A.E., Kaleta E.J., Arora A., Wolk D.M. (2013). Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry: a fundamental shift in the routine practice of clinical microbiology. *Clin. Microbiol. Rev.*, 26(3): 547-603.

Coffman, 2014 – Coffman K. (2014). The Rossi-Cholodny Buried Slide Technique. 28 Oct. 2014. <https://prezi.com/mtrtaxf9brha/the-rossi-cholodny-buried-slide-technique/>

Cooke, 1956 – Cooke W.B. (1956). Colonization of artificial bare areas by microorganisms. *The Botanical Review*, 22(9): 613-638.

Cullimore, Pipe, 1980 – Cullimore D.R., Pipe A.E. (1980). Studying the activities of microorganisms in soil using slides. *Journal of Biological Education*, 14(3): 213-218.

Cunningham, Patel, 2013 – Cunningham S.A., Patel R. (2013). Importance of using Bruker's security-relevant library for Biotyper identification of Burkholderia pseudomallei, Brucella species, and Francisella tularensis. *J. Clin. Microbiol.*, 51(5): 1639-1640.

D'aeth, 1939 – D'aeth H.R.X. (1939). A survey of interaction between fungi. *Biological Reviews*, 14(2): 105-131.

De Bel et al., 2010 – De Bel A., Wybo I., Piérard D., Lauwers S. (2010). Correct implementation of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in routine clinical microbiology. *J. Clin. Microbiol.*, 48(5): 1991.

Del Chierico et al., 2016 – Del Chierico F., Di Cave D., Accardi C., Santoro M., Masotti A., D'Alfonso R., Berrilli F., Urbani A., Putignani L. (2016). Identification and typing of free-living Acanthamoeba spp. by MALDI-TOF MS Biotyper. *Exp. Parasitol.*, 170: 82-89.

DeMarco and Ford, 2013 – DeMarco M.L., Ford B.A. (2013). Beyond identification: emerging and future uses for MALDI-TOF mass spectrometry in the clinical microbiology laboratory. *Clin. Lab. Med.*, 33(3): 611-628.

Diaz, 2013 – Diaz L. (2013). Tecnica Cholodny Rossi, 23 September 2013. URL: <https://prezi.com/k25pm5dnejxf/tecnica-cholodny-rossi/>

Dupont et al., 2010 – Dupont C., Sivadon-Tardy V., Bille E., Dauphin B., Beretti J.L., Alvarez A.S., Degand N., Ferroni A., Rottman M., Herrmann J.L., Nassif X., Ronco E., Carbonnelle E. (2010). Identification of clinical coagulase-negative staphylococci, isolated in microbiology laboratories, by matrix-assisted laser desorption/ionization-time of flight mass spectrometry and two automated systems. *Clin. Microbiol. Infect.*, 16(7): 998-1004.

Emara et al., 2017 – Emara S., Amer S., Ali A., Abouleila Y., Oga A., Masujima T. (2017). Single-Cell Metabolomics. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 965: 323-343.

Faron et al., 2015 – Faron M.L., Buchan B.W., Hyke J., Madisen N., Lillie J.L., Granato P.A., Wilson D.A., Procop G.W., Novak-Weekley S., Marlowe E., Cumpio J., Griego-Fullbright C., Kindig S., Timm K., Young S., Ledebor N.A. (2015). Multicenter Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper CA System for the Identification of Clinical Aerobic Gram-Negative Bacterial Isolates. *PLoS One.*, 10(11): E0141350-1 – E0141350-13.

Faryal, 2014 – Faryal A. (2014). Rossi-Cholodny technique. Introduction. 04 April 2014. URL: <https://faryalkhushik.wordpress.com/2014/04/04/rossi-cholodny-technique/>

Fiori et al., 2016 – Fiori B., D'Inzeo T., Giaquinto A., Menchinelli G., Liotti F.M., de Maio F., De Angelis G., Quaranta G., Nagel D., Tumbarello M., Posteraro B., Sanguinetti M., Spanu T. (2016). Optimized Use of the MALDI BioTyper System and the FilmArray BCID Panel for Direct Identification of Microbial Pathogens from Positive Blood Cultures. *J. Clin. Microbiol.*, 54(3): 576-584.

Ford and Burnham, 2013 – Ford B.A., Burnham C.A. (2013). Optimization of routine identification of clinically relevant Gram-negative bacteria by use of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry and the Bruker Biotyper. *J. Clin. Microbiol.*, 51(5): 1412-1420.

Forest, 1962 – Forest, H. S. (1962). Analysis of the soil algal community. *Transactions of the American Microscopical Society*, 81(2): 189-198.

Fraser et al., 2016 – Fraser M., Brown Z., Houldsworth M., Borman A.M., Johnson E.M. (2016). Rapid identification of 6328 isolates of pathogenic yeasts using MALDI-ToF MS and a simplified, rapid extraction procedure that is compatible with the Bruker Biotyper platform and database. *Med. Mycol.*, 54(1): 80-88.

Fu et al., 2016 – Fu Q., Tang J., Cui M., Xing J., Liu Z., Liu S. (2016). Application of porous metal enrichment probe sampling to single cell analysis using matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF-MS). *J. Mass Spectrom.*, 51(1): 62-68.



Gao et al., 2013 – Gao Y., Lin Y., Zhang B., Zou D., He M., Dong B., Hang W., Huang B. (2013). Single-cell elemental analysis via high irradiance femtosecond laser ionization time-of-flight mass spectrometry. *Anal. Chem.*, 85(9): 4268-4272.

Gholipour et al., 2008 – Gholipour Y., Nonami H., Erra-Balsells R. (2008). Application of pressure probe and UV-MALDI-TOF MS for direct analysis of plant underivatized carbohydrates in subpicoliter single-cell cytoplasm extract. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.*, 19(12): 1841-1848.

Golbraikh et al., 2003 – Golbraikh E., Rapis, E.G., Moiseev S.S. (2003). On the crack pattern formation in a freely drying protein film. *Technical Physics*, 48(10), 1333-1337.

Gradov, 2012 – Gradov O. V. (2012). Digital lab-on-a-chip as analog of soil chambers & rossi-cholodny slides. *VII Int. Symp. CBAFFF (7-th Fr. Progr.)*: 17–18.

Gradov, 2017 – Gradov O. V. (2017). Multi-functional microprobe lab-on-a-chip based on the active-pixel sensor with the position-sensitive cassette masks assembled from discrete converters of different biophysical and biochemical parameters into the optical response signals [invited paper]. *International Journal of Modern Physics*, 2(1): 23–28.

Gradov and Jablovok, 2016 – Gradov O. V., Jablovok A. G. (2016). Novel morphometrics-on-a-chip: CCD- or CMOS-lab-on-a-chip based on discrete converters of different physical and chemical parameters of histological samples into the optical signals with positional sensitivity for morphometry of non-optical patterns. *Journal of Biomedical Technologies*, (2):1–29.

Grenfell et al., 2016 – Grenfell R.C., da Silva Junior A.R., Del Negro G.M., Munhoz R.B., Gimenes V.M., Assis D.M., Rockstroh A.C., Motta A.L., Rossi F., Juliano L., Benard G., de Almeida Júnior J.N. (2016). Identification of *Candida haemulonii* Complex Species: Use of ClinProTools to Overcome Limitations of the Bruker Biotyper(TM), VITEK MS(TM) IVD, and VITEK MS(TM) RUO Databases. *Front. Microbiol.*, 7: 940.

Guillaume-Gentil et al., 2017 – Guillaume-Gentil O., Rey T., Kiefer P., Ibáñez A.J., Steinhoff R., Brönnimann R., Dorwling-Carter L., Zambelli T., Zenobi R., Vorholt J.A. (2017). Single-Cell Mass Spectrometry of Metabolites Extracted from Live Cells by Fluidic Force Microscopy. *Anal. Chem.*, 89(9): 5017-5023.

Guo et al., 2014 – Guo L., Ye L., Zhao Q., Ma Y., Yang J., Luo Y. (2014). Comparative study of MALDI-TOF MS and VITEK 2 in bacteria identification. *J. Thorac. Dis.*, 6(5): 534-538.

Halim et al., 2009 – Halim V.A., Muck A., Hartl M., Ibáñez A.J., Giri A., Erfurth F., Baldwin I.T., Svatos A. (2009). A dual fluorescent / MALDI chip platform for analyzing enzymatic activity and for protein profiling. *Proteomics*. 9(1): 171-181.

Hammarström et al., 2014 – Hammarström B., Nilson B., Laurell T., Nilsson J., Ekström S. (2014). Acoustic trapping for bacteria identification in positive blood cultures with MALDI-TOF MS. *Anal Chem.*, 86(21): 10560-10567.

Harju et al., 2017 – Harju I., Lange C., Kostrzewa M., Maier T., Rantakokko-Jalava K., Haanperä M. (2017). Improved Differentiation of *Streptococcus pneumoniae* and Other *S. mitis* Group Streptococci by MALDI Biotyper Using an Improved MALDI Biotyper Database Content and a Novel Result Interpretation Algorithm. *J. Clin. Microbiol.*, 55(3): 914-922.

Hartmann et al., 2015 – Hartmann E.M., Colquhoun D.R., Schwab K.J., Halden R.U. (2015). Absolute quantification of norovirus capsid protein in food, water, and soil using synthetic peptides with electrospray and MALDI mass spectrometry. *J. Haz. Mater.*, 286: 525-532.

He et al., 2010 – He Y., Li H., Lu X., Stratton C.W., Tang Y.W. (2010). Mass spectrometry biotyper system identifies enteric bacterial pathogens directly from colonies grown on selective stool culture media. *J. Clin. Microbiol.*, 48(11): 3888-3892.

Hirsch, Pankratz, 1970 – Hirsch P., Pankratz S. H. (1970). Study of bacterial populations in natural environments by use of submerged electron microscope grids. *J. Bas. Microbiol.*, 10(8), 589-605.

Hirte, 1965 – Hirte W. F. (1965). Arbeitsmethoden in der naturwissenschaftlichen und technischen Mikrobiologie. I. Die Anwendung der Verdünnungsplattenmethode zur Erfassung der Bodenmikroflora. 1. Der quantitative Nachweis. *Zentralbl. Bakteriol.*, 119: 429-447.

Hölscher et al., 2009 – Hölscher D., Shroff R., Knop K., Gottschaldt M., Crecelius A., Schneider B., Heckel D.G., Schubert U.S., Svatos A. (2009) Matrix-free UV-laser desorption / ionization (LDI) mass spectrometric imaging at the single-cell level: distribution of secondary metabolites of *Arabidopsis thaliana* and *Hypericum* species. *Plant J.*, 60(5): 907-918.

Hossen et al., 2015 – Hossen M.A., Nagata Y., Waki M., Ide Y., Takei S., Fukano H., Romero-Perez G.A., Tajima S., Yao I., Ohnishi K., Setou M. (2015). Decreased level of phosphatidylcholine (16:0/20:4) in multiple myeloma cells compared to plasma cells: a single-cell MALDI-IMS approach. *Anal. Bioanal. Chem.*, 407(18): 5273-5280.

Hsueh et al., 2014 – Hsueh P.R., Kuo L.C., Chang T.C., Lee T.F., Teng S.H., Chuang Y.C., Teng L.J., Sheng W.H. (2014). Evaluation of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system for identification of blood isolates of *Acinetobacter* species. *J. Clin. Microbiol.*, 52(8): 3095-3100.

Hsueh et al., 2014 – Hsueh P.R., Lee T.F., Du S.H., Teng S.H., Liao C.H., Sheng W.H., Teng L.J. (2014). Bruker biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system for identification of *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Kocuria*, *Gordonia*, *Tsukamurella*, and *Listeria* species. *J. Clin. Microbiol.*, 52(7): 2371-2379.

Imanishi et al., 2017 – Imanishi S.Y., Nakayama T., Asukabe H., Harada K.I. (2017). Application of MALDI Biotyper to cyanobacterial profiling. *Rapid Commun Mass Spectrom.* 31(4): 325-332.

Ivanova, 2016 – Ivanova B. (2016). Erratum to: Solid-state UV-MALDI mass spectrometric quantitation of fluroxypyr and triclopyr in soil. *Environ. Geochem. Health.*, 38(5): 1215.

Ivanova and Spiteller, 2015 – Ivanova B., Spiteller M. (2015). Solid-state UV-MALDI mass spectrometric quantitation of fluroxypyr and triclopyr in soil. *Environ. Geochem. Health.*, 37(3): 557-574.

Jablokov et al., 2015 – Jablokov A., Skrynnik A., Gradov O. (2015). Applications of tunable diode lasers and the tunable laser diode spectroscopy in tschachotin's microbeam setups for irradiation of biological tissues, cells and cellular compartments with positional selectivity. *Journal of Physical Chemistry & Biophysics*, 5(3): 74.

Jannasch, 1958 – Jannasch, H. W. (1958). Studies on planktonic bacteria by means of a direct membrane filter method. *Microbiology*, 18(3), 609-620.

Kim et al., 2017 – Kim S.W., Nho S.W., Im S.P., Lee J.S., Jung J.W., Lazarte J.M., Kim J., Lee W.J., Lee J.H., Jung T.S. (2017). Rapid MALDI biotyper-based identification and cluster analysis of *Streptococcus iniae*. *J. Microbiol.*, 55(4): 260-266.

Klepárník, 2013 – Klepárník K. (2013). Recent advances in the combination of capillary electrophoresis with mass spectrometry: from element to single-cell analysis. *Electrophoresis.*, 34(1): 70-85.

Kling, 2001 – Kling J. (2001). MALDI chip shot. *Anal Chem.*, 73(3): 68A, 70A.

Kok et al., 2013 – Kok J., Chen S.C., Dwyer D.E., Iredell J.R. (2013). Current status of matrix-assisted laser desorption ionisation-time of flight mass spectrometry in the clinical microbiology laboratory. *Pathology*, 45(1): 4-17.

Krismer et al., 2015 – Krismer J., Sobek J., Steinhoff R.F., Fagerer S.R., Pabst M., Zenobi R. (2015). Screening of *Chlamydomonas reinhardtii* Populations with Single-Cell Resolution by Using a High-Throughput Microscale Sample Preparation for Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Mass Spectrometry. *Appl. Environ. Microbiol.*, 81(16): 5546-5551.

Krismer et al., 2016 – Krismer J., Steinhoff R.F., Zenobi R. (2016). Single-cell MALDI Tandem Mass Spectrometry: Unambiguous Assignment of Small Biomolecules from Single *Chlamydomonas reinhardtii* Cells. *Chimia*, 70(4): 236-239.

Kumari N. Rossi Cholodney Tech. <http://www.authorstream.com/Presentation/ayesha2-1205282-rossi-cholodney-tech/>

Kurokawa et al., 2013 – Kurokawa S., Kabayama J., Fukuyasu T., Hwang S.D., Park C.J., Park S.B., del Castillo C.S., Hikima J., Jung T.S., Kondo H., Hirono I., Takeyama H., Aoki T. (2013). Bacterial classification of fish-pathogenic *Mycobacterium* species by multigene phylogenetic analyses and MALDI Biotyper identification system. *Mar. Biotechnol.*, 15(3):340-348.

Långmark et al., 2001 – Långmark J., Ashbolt N.J., Szewzyk U., Stenström T.A. (2001). Adequacy of in situ glass slides and direct sand extractions to assess the microbiota within sand columns used for drinking water treatment. *Canadian journal of microbiology*, 47(7): 601-607.

Lee et al., 2017 – Lee H.S., Shin J.H., Choi M.J., Won E.J., Kee S.J., Kim S.H., Shin M.G., Suh S.P. (2017). Comparison of the Bruker Biotyper and VITEK MS Matrix-Assisted Laser Desorption / Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry Systems Using a Formic Acid Extraction Method to Identify Common and Uncommon Yeast Isolates. *Ann. Lab. Med.*, 37(3): 223-230.

Lévesque et al., 2015 – Lévesque S., Dufresne P.J., Soualhine H., Domingo M.C., Bekal S., Lefebvre B., Tremblay C. (2015). A Side by Side Comparison of Bruker Biotyper and VITEK MS: Utility of MALDI-TOF MS Technology for Microorganism Identification in a Public Health Reference Laboratory. *PLoS One*, 10(12): e0144878.

Li et al., 2000 – Li L., Garden R.W., Sweedler J.V. (2000). Single-cell MALDI: a new tool for direct peptide profiling. *Trends Biotechnol.* 18(4): 151-160.

Li et al., 2017 – Li X., Chen X., Tan J., Liang X., Wu J. (2017). Palladium modified porous silicon as multi-functional MALDI chip for serum peptide detection. *Analyst*, [in press]

Lohmann et al., 2013 – Lohmann C., Sabou M., Moussaoui W., Prévost G., Delarbre J.M., Candolfi E., Gravet A., Letscher-Bru V. (2013). Comparison between the Biflex III-Biotyper and the Axima-SARAMIS systems for yeast identification by matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 51(4):1231-6.

Mach, 2012 – Mach J. (2012). Mass spectrometry imaging with single-cell resolution: spatial distribution of lipids in cotton seeds. *Plant Cell*, 24(2): 371.

Mancini et al., 2013 – Mancini N., De Carolis E., Infurnari L., Vella A., Clementi N., Vaccaro L., Ruggeri A., Posteraro B., Burioni R., Clementi M., Sanguinetti M. (2013). Comparative evaluation of the Bruker Biotyper and Vitek MS matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight (MALDI-TOF) mass spectrometry systems for identification of yeasts of medical importance. *J. Clin. Microbiol.*, 51(7): 2453-2457.

Marko et al., 2012 – Marko D.C., Saffert R.T., Cunningham S.A., Hyman J., Walsh J., Arbefeville S., Howard W., Pruessner J., Safwat N., Cockerill F.R., Bossler A.D., Patel R., Richter S.S. (2012). Evaluation of the Bruker Biotyper and Vitek MS matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry systems for identification of nonfermenting gram-negative bacilli isolated from cultures from cystic fibrosis patients. *J. Clin. Microbiol.*, 50(6): 2034-2039.

Masujima, 2009 – Masujima T. (2009). Live single-cell mass spectrometry. *Anal. Sci.*, 25(8): 953-960.

McElvania TeKippe and Burnham., 2014 – McElvania TeKippe E., Burnham C.A. (2014). Evaluation of the Bruker Biotyper and VITEK MS MALDI-TOF MS systems for the identification of unusual and/or difficult-to-identify microorganisms isolated from clinical specimens. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, 33(12): 2163-2171.

McElvania Tekippe, 2013 – McElvania Tekippe E., Shuey S., Winkler D.W., Butler M.A., Burnham C.A. (2013). Optimizing identification of clinically relevant Gram-positive organisms by use of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry system. *J. Clin. Microbiol.*, 51(5): 1421-1427.

Moon et al., 2013 – Moon H.W., Lee S.H., Chung H.S., Lee M., Lee K. (2003). Performance of the Vitek MS matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry system for identification of Gram-positive cocci routinely isolated in clinical microbiology laboratories. *J. Med. Microbiol.*, 62(Pt 9): 1301-6.

Moshynets et al., 2011 – Moshynets O.V., Koza A., Dello Sterpaio P., Kordium V. A., Spiers A.J. (2011). Up-dating the Cholodny method using PET films to sample microbial communities in soil. *Biopolymers & Cell*, 27 (3): 199-205.

Nair, 1970 – Nair N. G. (1979). Studies on the behaviour of mushroom spores in relation to the epidemiology of virus disease. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30(6): 1123-1132.

Neupert et al., 2005 – Neupert S., Predel R., Russell W.K., Davies R., Pietrantonio P.V., Nachman R.J. (2005). Identification of tick periviscerokin, the first neurohormone of Ixodidae: single cell analysis by means of MALDI-TOF/TOF mass spectrometry. *Biochem. Biophys. Res Commun.*, 338(4): 1860-1864.

Ngan et al., 2012 – Ngan G.J., Lin R.T., Teo J.W. (2012). Utility of the Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionisation time-of-flight mass spectrometer in a clinical microbiology laboratory. *Pathology*, 44(5): 493-496.

Notchenko and Gradov, 2013 – Notchenko A. V. and Gradov O. V. (2013). Elementary morphometric labs-on-a-chip based on hemocytometric chambers with radiofrequency culture identification and relay of spectrozonal histochemical monitoring. *Visualization, Image Processing and Computation in Biomedicine*, 2(1).

Oganessian et al., 2015 – Oganessian V.A., Notchenko A.V., Gradov O.V. (2015). Multispectral topological laser speckle analyzers of proliferation and differentiation activity during morphogenesis based on tunable laser diodes and spectrometric fingerprinting of the cell cycle stages. *Journal of Physical Chemistry & Biophysics*, 5(3): 75.

Ong et al., 2015 – Ong T.H., Kissick D.J., Jansson E.T., Comi T.J., Romanova E.V., Rubakhin S.S., Sweedler J.V. (2015). Classification of Large Cellular Populations and Discovery of Rare Cells Using Single Cell Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Anal Chem.*, 87(14): 7036-7042.

Oppenheimer and ZoBell, 1952 – Oppenheimer C.H., ZoBell C.E (1952). Bacterial populations in seawater as determined by different methods of enumeration. *Limnol. Oceanogr.*, 4: 128-139.

Orehov, Gradov, 2017 – Orehov T. C. and Gradov O. V. (2017). Spectroscopic tunable laser rheogoniometer for weissenberg effect observation in condensed milk products as liquids with nonnewtonian viscosity. In: *AERC 2017: 11th Annual European Rheology Conference & 26th Nordic Rheology Conference (April 3 – 6, 2017; Copenhagen, Denmark)*, volume 1, pages 104–105. Copenhagen, Denmark.

Orehov et al., 2016 – Orehov F. K., Jablovkov A. G., Skrynnik A. A. (2016). Hybridization of laser-induced spectrofluorescence analysis (LIFS), matrix-assisted laser desorption / ionization mass spectrometry (MALDI), fluorescence recovery after photobleaching (FRAP) and fluorescence loss in photobleaching (FLIP) microtechnics. *Journal of Biomedical Technologies*, (2): 42–52.

Passarelli and Ewing, 2013 – Passarelli M.K., Ewing A.G. (2013). Single-cell imaging mass spectrometry. *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 17(5): 854-859.

Patel, 2013 – Patel R. (2013). MALDI-TOF mass spectrometry: transformative proteomics for clinical microbiology. *Clin. Chem.*, 59(2): 340-342.

Patel, 2013 – Patel R. (2013). Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in clinical microbiology. *Clin. Infect. Dis.*, 57(4): 564-572.

Perdian et al., 2010 – Perdian D.C., Cha S., Oh J., Sakaguchi D.S., Yeung E.S., Lee Y.J. (2010). In situ probing of cholesterol in astrocytes at the single-cell level using laser desorption ionization mass spectrometric imaging with colloidal silver. *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 24(8): 1147-1154.

Pipe, Cullimore, 1980 – Pipe A.E., Cullimore D.R. (1980). An implanted slide technique for examining the effects of the herbicide diuron on soil algae. *Bull. Environment. Contam. Toxicol.*, 24(1): 306-312.

Prasad, 1977 – Prasad M. (1977). Microbial Society and its Activity in the Soil. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Zweite Naturwissenschaftliche Abteilung: Allgemeine, Landwirtschaftliche und Technische Mikrobiologie*, 132(7): 659-665.

Rapis, 1995 - Rapis E.G. (1995). The self-organization of protein. *Technical Physics Letters*, 21: 321-324.

Rapis, 2000 – Rapis E.G. (2000). Self-assembly of cluster protein films (allotropic nonequilibrium noncrystalline modification) during the process or their condensation. *Technical Physics*, 45(1): 121-131.

Rapis, 2001 – Rapis E. (2001). Properties and symmetry of the solid cluster phase of protein. *Technical Physics*, 46(10): 1307-1313.

Rapis, 2002 – Rapis E. (2002). A change in the physical state of a nonequilibrium blood plasma protein film in patients with carcinoma. *Technical Physics*, 47(4): 510-512.

Rapis, 2004 - Rapis E. (2004). Self-organization and supramolecular chemistry of protein films from the nano-to the macroscale. *Technical Physics*, 49(4): 494-498.

Rapis, 2005 - Rapis E. (2005). On the problem of nucleation (cell formation) in self-organization of protein nanostructures in vitro and in vivo. *Technical physics*, 50(6): 780-786.

Rapis, 2005 – Rapis E. (2005). Relaxation of the energy of the protein colloidal solution arising at drying in open and closed systems. *Technical physics*, 50(9): 1236-1238.

Rapis, 2006 – Rapis E. (2006). Nonequilibrium state of self-organized protein nanostructures. *Technical physics*, 51(2): 268-273.

Rapis, 2007 - Rapis E. (2007). On the nonequilibrium phase transition in protein. *Technical Physics*, 52(6): 787-792.

Rapis, 2008 – Rapis E. (2008). Evolutionary aspect of protein self-organization. *Technical Physics*, 53(6), 783-788.

Rapis, Gasanova, 1991 – Rapis E.G., Gasanova G. (1991). Autowave process in the dynamics of phase transition in a protein film. *Technical physics*, 36(4): 406-412.

Rawlins et al., 2015 – Rawlins C.M., Salisbury J.P., Feldman D.R., Isim S., Agar N.Y., Luther E., Agar J.N. (2015). Imaging and Mapping of Tissue Constituents at the Single-Cell Level Using MALDI MSI and Quantitative Laser Scanning Cytometry. *Meth. Mol Biol.*, 1346: 133-149.

Rhizoctonia solani, biology and pathology, 1970 – Parmeter, J. R. (Ed.). (1970). *Rhizoctonia solani, biology and pathology*. Univ of California Press. 1970

Richter et al., 2012 – Richter C., Hollstein S., Woloszyn J., Kaase M., Gatermann S.G., Szabados F. (2012). Evaluation of species-specific score cut-off values for various Staphylococcus species using a MALDI Biotyper-based identification. *J. Med. Microbiol.*, 61(Pt 10): 1409-16.

Rodríguez-Sánchez et al., 2016 – Rodríguez-Sánchez B., Ruiz-Serrano M.J., Ruiz A., Timke M., Kostrzewa M., Bouza E. (2016). Evaluation of MALDI Biotyper Mycobacteria Library v3.0 for Identification of Nontuberculous Mycobacteria. *J. Clin. Microbiol.*, 54(4): 1144-1147.

Rubakhin and Sweedler, 2008 – Rubakhin S.S., Sweedler J.V. (2008). Quantitative measurements of cell-cell signaling peptides with single-cell MALDI MS. *Anal. Chem.*, 80(18): 7128-7136.

Saffert et al., 2011 – Saffert R.T., Cunningham S.A., Ihde S.M., Jobe K.E., Mandrekar J., Patel R. (2011). Comparison of Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometer to BD Phoenix automated microbiology system for identification of gram-negative bacilli. *J. Clin. Microbiol.*, 49(3): 887-892.

Santos et al., 2016 – Santos I.C., Hildenbrand Z.L., Schug K.A. Applications of MALDI-TOF MS in environmental microbiology. *Analyst*, 141(10): 2827-2837.

Schmidt et al., 2014 – Schmidt A.M., Fagerer S.R., Jefimovs K., Buettner F., Marro C., Siringil E.C., Boehlen K.L., Pabst M., Ibáñez A.J. (2014). Molecular phenotypic profiling of a *Saccharomyces cerevisiae* strain at the single-cell level. *Analyst*, 139(22): 5709-17.

Schmitt et al., 2013 – Schmitt B.H., Cunningham S.A., Dailey A.L., Gustafson D.R., Patel R. (2013). Identification of anaerobic bacteria by Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry with on-plate formic acid preparation. *J. Clin. Microbiol.*, 51(3): 782-686.

Schober et al., 2012 – Schober Y., Guenther S., Spengler B., Römpf A. (2012). Single cell matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry imaging. *Anal. Chem.*, 84(15): 6293-6297.

Schulthess et al., 2014 – Schulthess B., Bloemberg G.V., Zbinden R., Böttger E.C., Hombach M. (2014). Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper for identification of Gram-positive rods: development of a diagnostic algorithm for the clinical laboratory. *J. Clin. Microbiol.*, 52(4): 1089-1097.

Schulthess et al., 2014 – Schulthess B., Ledermann R., Mouttet F., Zbinden A., Bloemberg G.V., Böttger E.C., Hombach M. (2014). Use of the Bruker MALDI Biotyper for identification of molds in the clinical mycology laboratory. *J. Clin. Microbiol.*, 52(8): 2797-2803.

Schulthess et al., 2016 – Schulthess B., Bloemberg G.V., Zbinden A., Mouttet F., Zbinden R., Böttger E.C., Hombach M. (2016). Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper for Identification of Fastidious Gram-Negative Rods. *J. Clin. Microbiol.*, 54(3): 543-548.

Seng et al., 2010 – Seng P., Rolain J.M., Fournier P.E., La Scola B., Drancourt M., Raoult D. (2010). MALDI-TOF-mass spectrometry applications in clinical microbiology. *Future Microbiol.*, 5(11): 1733-1754.

Seng et al., 2013 – Seng P., Abat C., Rolain J.M., Colson P., Lagier J.C., Gouriet F., Fournier P.E., Drancourt M., La Scola B., Raoult D. (2013). Identification of rare pathogenic bacteria in a clinical microbiology laboratory: impact of matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 51(7): 2182-2194.

Shabalín et al., 1994 – Shabalín V.N., Shatokhina S.N., Dutov V.V., Trapeznikova M.F., Morozov A.P., Mitroshnikov A.N. et al. (1994). U.S. Patent No. 5,366,899. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[Shabalin, Shatokhina, 1996](#) – *Shabalin V.N., Shatokhina S.N.* (1996). Autogenous rhythms and self-organization of biological fluids. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 122(4): 967-973.

[Shabalin, Shatokhina, 2007](#) – *Shabalin V. N., Shatokhina S. N.* (2007). Diagnostic markers in the structures of human biological liquids. *Singapore medical journal*, 48(5): 440.

[Shan et al., 2002](#) – *Shah H.N., Keys C.J., Schmid O., Gharbia S.E.* (2002). Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry and proteomics: a new era in anaerobic microbiology. *Clin. Infect. Dis.*, 35(Suppl 1): S58-S64.

[Shimizu et al., 2002](#) – *Shimizu M., Levi-Schaffer F., Ojima N., Shingaki T., Masujima T.* (2002). A single-cell matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass-spectroscopic assay of the cell-maturation process. *Anal. Sci.*, 18(2): 107-108.

[Skrynnik, 2015](#) – *Skrynnik A.* (2015). Laser scanning biological microscope for non-invasive studies of the cell structures without fluorescent dyes. In: *Super-resolution in different dimensions*, page 87. OJSC "Human Stem Cell Institute," Moscow, Russia Moscow, Russia.

[Sogawa et al., 2011](#) – *Sogawa K., Watanabe M., Sato K., Segawa S., Ishii C., Miyabe A., Murata S., Saito T., Nomura F.* (2011). Use of the MALDI BioTyper system with MALDI-TOF mass spectrometry for rapid identification of microorganisms. *Anal. Bioanal. Chem.*, 400(7): 1905-1911.

[Sulochana, 1952](#) – *Sulochana C.B.* (1952). Soil conditions and root diseases. *Proceedings: Plant Sciences*, 36(6), 234-242.

[Szabados et al., 2010](#) – *Szabados F., Woloszyn J., Richter C., Kaase M., Gattermann S.* (2010). Identification of molecularly defined *Staphylococcus aureus* strains using matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry and the Biotyper 2.0 database. *J. Med. Microbiol.*, 59(Pt 7): 787-790.

[Theel et al., 2012](#) – *Theel E.S., Schmitt B.H., Hall L., Cunningham S.A., Walchak R.C., Patel R., Wengenack N.* (2012). Formic acid-based direct, on-plate testing of yeast and *Corynebacterium* species by Bruker Biotyper matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. *J. Clin. Microbiol.*, 50(9): 3093-3095.

[Tsirogianni et al., 2005](#) – *Tsirogianni E., Aivaliotis M., Karas M., Tsiotis G.* (2005) Detection and characterisation of catechol 2,3-dioxygenase in an indigenous soil pseudomonad by MALDI-TOF MS using a column separation. *Biodegradation*, 16(2): 181-186.

[Uhlik et al., 2011](#) – *Uhlik O., Strejcek M., Junkova P., Sanda M., Hroudova M., Vlcek C., Mackova M., Macek T.* (2011). Matrix-assisted laser desorption ionization (MALDI)-time of flight mass spectrometry- and MALDIbiotyper-based identification of cultured biphenyl-metabolizing bacteria from contaminated horseradish rhizosphere soil. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77(19): 6858-6866.

[van Veen et al., 2010](#) – *van Veen S.Q., Claas E.C., Kuijper E.J.* (2010). High-throughput identification of bacteria and yeast by matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in conventional medical microbiology laboratories. *J. Clin. Microbiol.*, 48(3): 900-907.

[Veloo et al., 2016](#) – *Veloo A.C., de Vries E.D., Jean-Pierre H., Justesen U.S., Morris T., Urban E., Wybo I., van Winkelhoff A.J.* (2016). The optimization and validation of the Biotyper MALDI-TOF MS database for the identification of Gram-positive anaerobic cocci. *Clin. Microbiol. Infect.*, 22(9): 793-798.

[Walker et al., 2012](#) – *Walker B.N., Stolee J.A., Vertes A.* (2012). Nanophotonic ionization for ultratrace and single-cell analysis by mass spectrometry. *Anal. Chem.*, 84(18): 7756-7762.

[Wang et al., 2013](#) – *Wang X.H., Zhang G., Fan Y.Y., Yang X., Sui W.J., Lu X.X.* (2013). Direct identification of bacteria causing urinary tract infections by combining matrix-assisted laserdesorption ionization-time of flight mass spectrometry with UF-1000i urine flow cytometry. *Journ. Microbiol. Meth.*, 92(3): 231-235.

[Wang et al., 2016](#) – *Wang H., Chen Y.L., Teng S.H., Xu Z.P., Xu Y.C., Hsueh P.R.* (2016). Evaluation of the Bruker Biotyper Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry System for Identification of Clinical and Environmental Isolates of *Burkholderia pseudomallei*. *Front. Microbiol.*, 7: 4151-415-8.

[Wang et al., 2016b](#) – *Wang H., Fan Y.Y., Kudinha T., Xu Z.P., Xiao M., Zhang L., Fan X., Kong F., Xu Y.C.* (2016). A Comprehensive Evaluation of the Bruker Biotyper MS and Vitek MS Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry Systems for

Identification of Yeasts, Part of the National China Hospital Invasive Fungal Surveillance Net (CHIF-NET) Study, 2012 to 2013. *J. Clin. Microbiol.*, 54(5): 1376-1380.

Welker and Moore, 2011 – Welker M., Moore E.R. (2011). Applications of whole-cell matrix-assisted laser-desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry in systematic microbiology. *Syst. Appl. Microbiol.*, 34(1): 2-11.

Wilson et al., 2017 – Wilson D.A., Young S., Timm K., Novak-Weekley S., Marlowe E.M., Madisen N., Lillie J.L., Ledebor N.A., Smith R., Hyke J., Griego-Fullbright C., Jim P., Granato P.A., Faron M.L., Cumpio J., Buchan B.W., Procop G.W. (2017). Multicenter Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper CA System for the Identification of Clinically Important Bacteria and Yeasts. *Am J Clin Pathol.* 2017 [in press]

Wimmer et al., 2012 – Wimmer J.L., Long S.W., Cernoch P., Land G.A., Davis J.R., Musser J.M., Olsen R.J. (2012). Strategy for rapid identification and antibiotic susceptibility testing of gram-negative bacteria directly recovered from positive blood cultures using the Bruker MALDI Biotyper and the BD Phoenix system. *J. Clin. Microbiol.*, 50(7): 2452-2444.

Wojewoda et al., 2013 – Wojewoda C. {Education Committee of the Academy of Clinical Laboratory Physicians and Scientists} (2013). Pathology consultation on matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry for microbiology. *Am. Journ. Clin. Pathol.*, 140(2): 143-148.

Xiao et al., 2014 – Xiao D., Zhang H., He L., Peng X., Wang Y., Xue G., Su P., Zhang J. (2014). High natural variability bacteria identification and typing: Helicobacter pylori analysis based on peptide mass fingerprinting. *J. Proteomics.*, 98: 112-122.

Xiong et al., 2016 – Xiong C., Zhou X., He Q., Huang X., Wang J., Peng W.P., Chang H., Nie Z. (2016). Development of Visible-Wavelength MALDI Cell Mass Spectrometry for High-Efficiency Single-Cell Analysis. *Anal. Chem.*, 88(23): 11913-11918.

Yan et al., 2011 – Yan Y., He Y., Maier T., Quinn C., Shi G., Li H., Stratton C.W., Kostrzewa M., Tang Y.W. (2011). Improved identification of yeast species directly from positive blood culture media by combining Sepsityper specimen processing and Microflex analysis with the matrix-assisted laser desorption ionization Biotyper system. *Journ. Clin. Microbiol.*, 49(7): 2528-2532.

Yang et al., 2016 – Yang T., Gao D., Jin F., Jiang Y., Liu H. (2016). Surface-printed microdot array chips coupled with matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry for high-throughput single-cell patterning and phospholipid analysis. *Rapid Comm. Mass Spectrom. Suppl.* 1: 73-79.

Zaytsev et al., 2015 – Zaytsev E.V., Orehov F. K., Gradov O. V. (2015). Spectral laser freezing point depression osmometers for medical biochemical/biophysical measurements & automatic recording of physico-chemical dynamics & reaction-diffusion kinetics of biocrystallization using multi-wavelength tunable diode laser modules. In: *AERC 2017: 11th Annual European Rheology Conference & 26th Nordic Rheology Conference (April 3 – 6, 2017; Copenhagen, Denmark)*.

### **“MALDI-FLIP-on-a-chip” и “MALDI-FRAP-on-a-flap”:** новые технологии для почвенной микробиологии и биогеохимии. Часть 1: К вопросу о возможности мультипараметрического фингерпринтинга на MALDI-чипе (Приглашенный материал)

А.Г. Яблоков <sup>a,\*</sup>, А.А. Скрынник<sup>a</sup>, Ф.К. Орехов <sup>a</sup>, Ф.А. Насиров <sup>a</sup>, О.В. Градов <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Институт энергетических проблем химической физики им. В.Л. Гальперина Российской Академии Наук, Российская Федерация

**Аннотация.** Разрабатывается комплекс технологий почвенно-микробиологических и агрохимических мониторинговых исследований на активном чипе, включающий в себя ряд принципиально новых систем и методов. Во-первых, создаётся активный КМОП-чип, совмещающий в себе принципиальные особенности: почвенных камер и пластинок

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [retromicroscopy@gmail.com](mailto:retromicroscopy@gmail.com) (А.Г. Яблоков)

обрастания Росси-Холодного, MALDI-мишени, счётных клеточных камер с координатными сетками, микрофлюидных фракционных коллекторов для MALDI MS, гранулометрических окулярных геологических счетчиков, приборов для капиллярной микроскопии Перфильева-Габе (на микрофлюидных принципах), безлинзового контактного микроскопа на чипе по Озкану. Во-вторых, вводится «тройная мультипараметрическая идентификация», основанная на совмещенном анализе: морфометрических и спектроколориметрических (визуализируемых в форме псевдоспектра на палитре) / спектрофлуориметрических данных безлинзовой микроскопии, масс-спектров MALDI-биотайпинга (особо интересно анализируемых в случае FT-ICR и смежных техник, в которых форму обработки исходных данных задает пользователь – вплоть до кепстральных и нойслетных обработок), сигнала с электродных сеток; в результате чего получается пул естественных дескрипторов – несуррогатных педологических физико-химических ключей, фиксируемых естественным путём (а не считыванием штрих-кода с идентификаторами), и имеющих самостоятельную ценность для «data mining»-а как «big data». В третьих, вводится компаративный анализ данных в рамках алгоритмики SOGDA («тогда и только тогда, когда все сигналы в комплексе при сличении с базой опорных “фингерпринтов” дают идентично высокую вероятность отнесения исследуемого образца к данному типу почв или некоторому микробному сообществу либо конкретной систематической нише, чип идентифицируется как носитель соответствующего данному определению образца; при полном отсутствии идентификации по мажоритарному дескриптору или комплексу его переменных – решение о классификации принято на основе базовых данных быть не может»). В-четвертых, созданы установки контроля и калибровки чипа: поляризационно-микрофотометрическая установка реконструкции профилей яркости {«3D Luminance Surface»} с параллельным отображением результатов вектороскопии, установка для счета частиц с осциллографической регистрацией при видеомикроскопии на основе микроскопа люминесцентного МЛД-2 (модернизируемого в оптической части), стенд поверки и калибровки чипов с применением стробоскопического осциллографа-рефлектометра с дискретностью до наносекундного диапазона. Пятое, для упрощения и улучшения эргономичности сбора данных вводим телеметрию активных чипов с радиочастотной идентификацией и ресивером с точной подстройкой (в ранних версиях – ручной с использованием агометрических или потенциометрических органов подстройки; в современных – с трэкинг-генератором на скалярной или, что коректнее с позиций фазового анализа, векторной технологии сбора и обработки данных); возможно использовать данные телеметрируемого (в жестком реальном времени) сигнала после оцифровки без сжатия как источники кинетических дескрипторов процессов на интерфейсах «чип-почва» (используя алгоритмы обработки радиосигнала, близкие к использовавшимся нами для FT-ICR при MALDI-MS на чипе). Шестое, делается возможным FRAP- или FLIP- анализ микрофлоры после выемки чипа, совмещённый с MALDI или иными LDI (соответственно, не матрично-опосредованными, не МА – «matrix assisted») при использовании лазеров с перестраиваемой длиной волны или нескольких лазеров в едином тракте для обеспечения флуоресценции и выжигания красителей при FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching) или же FLIP (Fluorescence Loss In Photobleaching). Седьмое, как наиболее желательный и оптимальный, хотя и дорогостоящий частный случай предшествующего пункта, производится интеграция диодных лазеров/DPSS для Photobleaching-а непосредственно в корпус чипа при закладке в почву для проведения регулярного FRAP-мониторинга *in situ* (или *in vivo* – для почвенных микроорганизмов).

**Ключевые слова:** FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching), FLIP (Fluorescence Loss in Photobleaching), MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization), “BIOTYPER”, CLSM (Confocal Laser Scanning Microscopy), LoC (Lab-on-a-Chip).

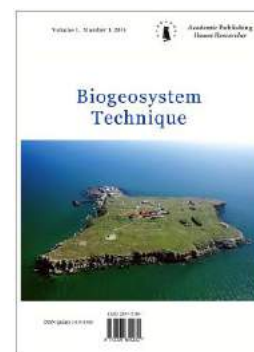


Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 189-206

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.189  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## Composition of the Middle Amur Ice Cores after Catastrophic Flooding in 2013

Galina V. Kharitonova <sup>a, \*</sup>, Vladimir I. Kim <sup>a</sup>, Angelina S. Stenina <sup>b</sup>, Vladimir P. Shesterkin <sup>a</sup>,  
Natalya S. Konovalova <sup>c</sup>

<sup>a</sup>Institute of Water and Ecological Problems Far East Branch of RAS, Khabarovsk,  
Russian Federation

<sup>b</sup>Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktyvkar,  
Russian Federation

<sup>c</sup>Institute of Tectonics and Geophysics Far East Branch of RAS, Khabarovsk, Russian Federation

### Abstract

Content and composition of ice inclusions are the important characteristics of the redistribution of substance in river ecosystems, which allows taking into account transport of the inclusions matter during the spring ice drift. The data on the composition of the ice cores from the Middle Amur (Khabarovsk water node) after the extreme flooding in 2013 and its terrigenous, chemogenic (formed through chemical processes) and biogenic (diatoms) components are presented in this paper. The importance of the work lies in the fact that the impact on the river ecosystems of catastrophic floods, such as the 2013 flood on the Amur River, due to their uniqueness, has been extremely poorly studied. The analysis showed that the content of terrigenous material and its variation in ice thickness does not exceed the average multi-annual values. The particle-size distribution of the terrigenous material (on their volume and the number) corresponds to that of the river suspended matter, warps (silt deposits on the flood plain) and bottom sediments in the studied river area. Composition of diagnosed chemical inclusions (neof ormations of calcite  $\text{CaCO}_3$  and pyrite  $\text{FeS}_2$ ), their number and size depends on the chemical composition of water during the freeze-up and redox conditions in the layer. Flooding had the main impact on biogenic inclusions (diatoms). The change of the leading species (from single population *Aulacoseira islandica* to *Stephanodiscus hantzschii* Coscinodiscophyceae class, *Stephanodiscaceae* family, genus *Stephanodiscus*) was fixed. This is one of the main indicators of structural and functional violations orderliness hydrobionts. The change in the composition of the leading species associated with the arrival of eutrophying substances and pollutants from the Sungari River (the largest tributary of Amur River) as a result of outcome flooding agricultural lands and residential territories.

**Keywords:** ice, ice inclusions, Amur River, floods, Russia.

### 1. Introduction

Amur River refers to the Far East type of rivers, which are characterized by a predominance of full-blown rainfall runoff (60–80 % of the annual runoff water) over snow and soil nutrition, because of the peculiarities of the climate (Resources, 1966). Climate is formed under the strong influence of oceanic factors. In the second half of the summer and early autumn, warm and moist

\* Corresponding author

E-mail addresses: [gkharitonova@mail.ru](mailto:gkharitonova@mail.ru) (G.V. Kharitonova)

tropical masses penetrate deep enough into the continent, resulting in abundant (up to catastrophic) rainfall and, as a consequence, to flooding. Floods on the Amur have great repeatability – once in 5 years on the Upper Amur, every 3 years on the Middle Amur, and 1.5 years on the Lower Amur (Boikova, 1963). A large catchment area (1.86 million km<sup>2</sup>), locality of precipitation and their large intensity are the reasons for the existence of several hypocenters of flood formation on the Amur. There are four basic hypocenter: Upper Amur, Zeya-Bureya, Sungari and Ussuri parts of the Amur River basin, each of them can cause catastrophic floods. Especially powerful floods are formed if they arise in two or three hypocenters and combined in the Amur River channel.

Flood in 2013 became an extraordinary one: high rain floods consistently formed in the whole Amur River basin (Danilov-Danilyan, 2014; Dugina, 2013). Flood, formed on the Upper Amur was not extreme. However, its peak was supplemented by the floods with other parts of the basin: from the Zeya, Bureya, Sungari, and the Ussuri rivers. In this period, there has been a unique coincidence of flood peaks passing. Below the confluence of the Sungari River the maximum levels exceeded historical highs in the 0.40–2.11 m. Duration of inundation of the floodplain was two to three months and the height of the layer of water on the floodplain reaches was 2–4 m. In the area of the Khabarovsk water node (Khabarovsk) the maximum level of floods and floodplain inundation depth totaled 8.08 m (excess over historically maximum of 1897 – 1.66 m), floodplain inundation level reached 5.08 m. Maximum flow of water in the Amur River (16 km above Khabarovsk) totaled 33400 m<sup>3</sup>/s, the total flow of all tributaries (Khabarovsk, below the railway bridge) was 46100 m<sup>3</sup>. High intensity and duration of flooding resulted in significant removal of soluble substances. Thus, runoff of major ions in the flood reached 19.6 million t/d, nitrate nitrogen – 64.5 thousand t/d (Shesterkin, 2010, 2016). Discharge of suspended load was accompanied by their accumulation in unloading zones (floodplain). In the first accumulation zone after the Sungari River the thickness of warps 2013 exceeded to the order the long-term average values (Shaldybin et al., 2016).

Such significant changes in hydrological and hydrochemical regimes could not affect the composition of the Amur River ice, work on the study of which began relatively recently (Ivanov et al., 1987; Shesterkin, 1990; Makhinov, 2013, 2017). It was found that the ice cover is characterized by a significant amount of terrigenous material. The main sources of terrigenous material are wind shift, capture soil on the shoals during the fall ice surfacing bottom ice, avalanches block when ice erosion of clayey floodplain, rockfalls from the steep slopes on the ice surface in the mountainous part of the valley and lift of anchor ice. Ice can also contain chemical (formed through chemical processes) and biogenic (mainly diatoms) components (Lebedev et al., 1981; Nemirovskaya, 2015; Nikulina, 2014; Strakhov et al., 1954; Yuryev & Lebedev, 1988).

The aim of this study is to define the composition of the ice in the Middle Amur after the extreme flooding in 2013, its terrigenous, chemical and biogenic components. The importance of the work lies in the fact that the impact on the river ecosystem of catastrophic floods such as flooding of 2013 in the Amur River due to their unique studied sorely lacking.

## 2. Materials and methods

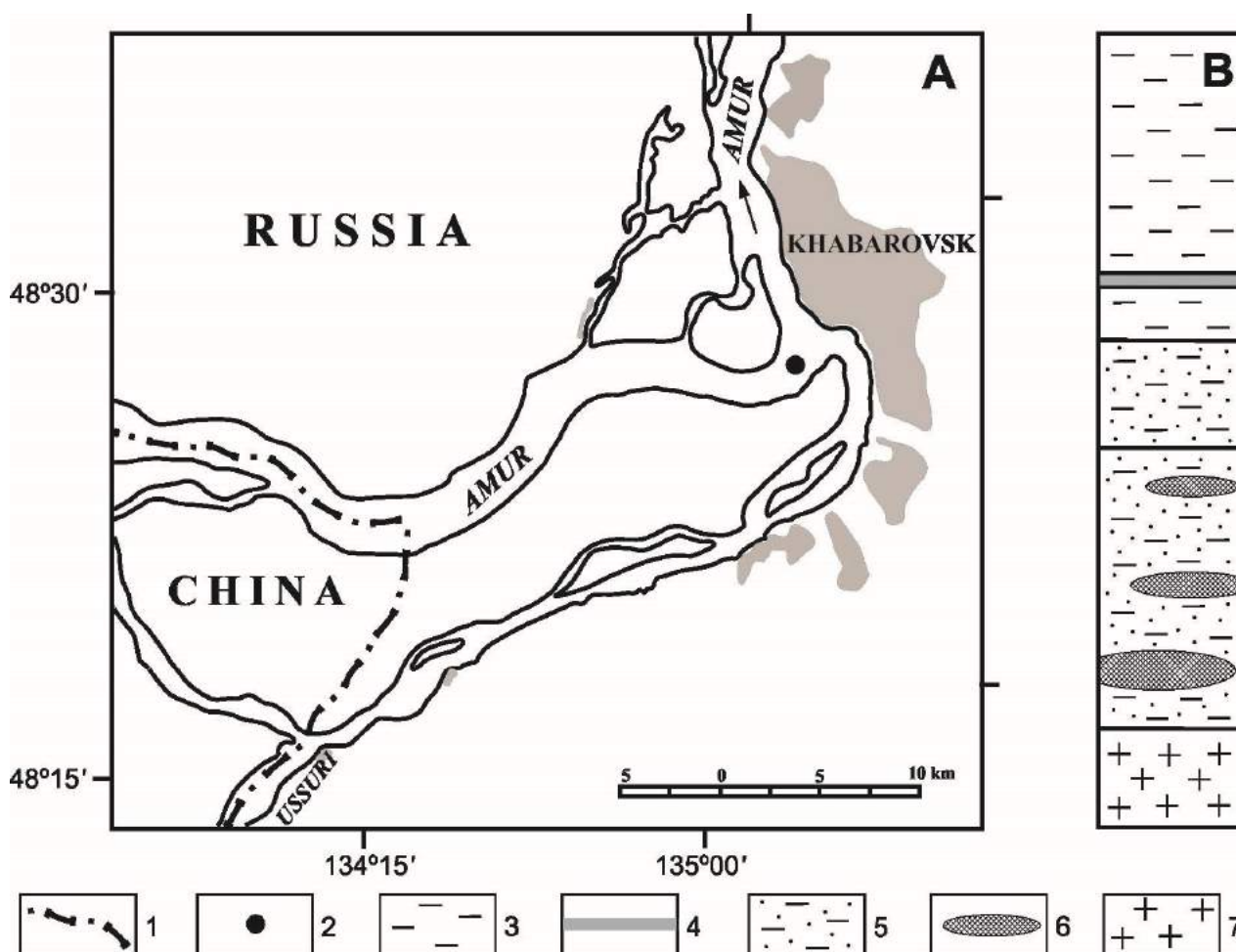
### *Study area*

The work was carried out on the flat part of the basin of the Middle Amur. In this area of the Amur River the formation of ice cover begins in early November when the temperature substantially decreases and flow speed significant increases. Freeze-up on the Amur River in 2013 near Khabarovsk started in 1 December, which is 7 days later than average multi-annual values. Autumn freeze-up is frozen masses of floating frazil ice, sludge and floes. At the last stage of freeze-up formation in the river hummocks are formed, whose number and height (up to 1.5 m) on mainstream are the maximum. Near the shores the ice surface is usually smooth (Makhinov, 2013, 2017). According to the thickness and stratigraphy the ice in the main channel is divided into the following types: strong, moderate, weak, flat hummocky and flat ice (naled ice in this work is not considered). About half of the ice surface falls on moderately hummocky ice, which area is located on both sides of the zone of strongly hummocky ice (mainstream). At a fraction of the latter account for about 15 %. By the end of winter ice thickness reaches 1.1–1.3 m and in severe winters – 1.6–1.8 m. Ice thickness has a complex structure. The upper part of matt in color is usually solid ice formed during the formation of ice cover and cemented by frazil ice. The lower part of the ice

thickness is presented with glassy transparent ice. Its formation is associated with freezing of new layers of ice at its bottom after freeze-up, mainly in the middle and late winter.

#### *Methods of study*

The material for the study was ice samples from a well drilled in a zone of moderately hummocky ice – 3 km, Middle Amur, 350 m from the edge of the right bank (48°36.308' N135°02.397' E), depth 4 m, ice thickness 1.33 m (Fig. 1). Sampling was conducted in March, 2014 (when the minimum water level and a maximum thickness of ice). While sampling, a mechanical drill with the 18 cm diameter was used. In core the following layers were identified by color, transparency, ice inclusions: 0–40 cm – transparent mat ice; 40–43 cm – dirty ice; 43–52 cm – transparent mat ice; 52–70 cm – transparent frosted ice with occasional scattered by inclusions; 70–117 cm – transparent frosted ice with occasional scattered particles, layers and lenses of dirty ice; 117–133 cm – glassy ice with dirty layers.



**Fig. 1.** A. Sketch map of sampling site. B. Schematic ice coring. 1 – state border, 2 – place coring, 3 – transparent matte ice, 4 – dirty ice, 5 – ice with occasional scattered by inclusions, 6 – layers and lenses dirty ice, 7 – glassy ice. For other explanations see text.

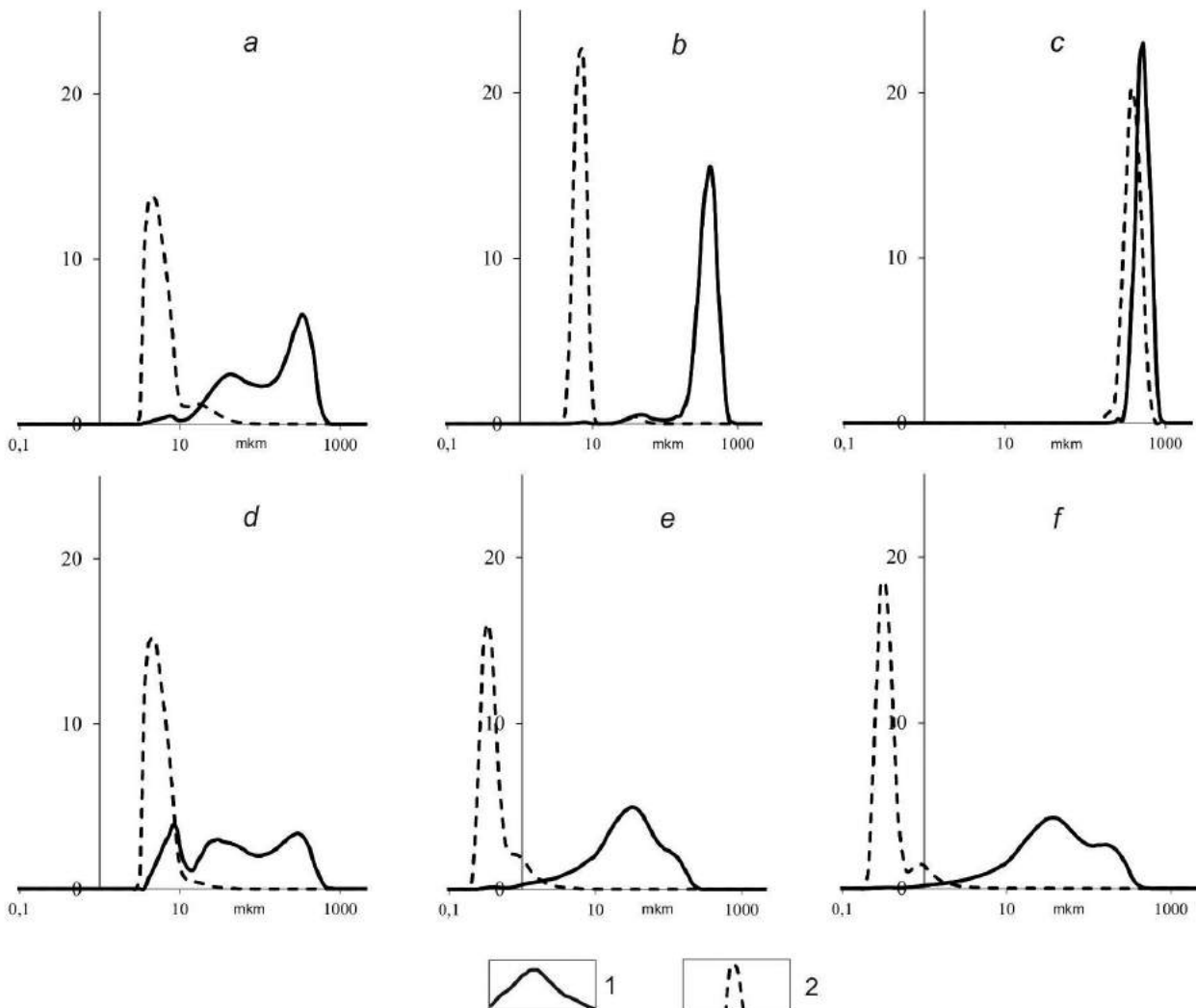
Core was sawed into layers, than each layer of ice melted in the laboratory and after filtering of suspended matter amount of water was measured. Filter with sediment was dried until constant weight to determine the mass of the substances included in the ice. Analysis of the particle size distribution was conducted on a particle size Analyzer SALD-2300 (SHIMADZU, Japan). Additionally samples were studied on scanning electron microscope VEGA 3 LMH (TESCAN,

Czech Republic) in Khabarovsk innovative analytical Centre (ITG FEB RAS). Energy dispersive spectrometer X-max 80 (Oxford Instruments, United Kingdom) was used for the elemental composition analysis of suspended matter. To identify the diatoms the main keys, systematic works and selected publications were used (Diatoms, 1992; Genkal et al., 2002; Medvedeva et al., 2001; Medvedeva, Sirotsky, 2002; Medvedeva, Nikulina, 2014). Modern nomenclature changes were clarified by AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2017). Ecological and geographical characteristics of species were done according to the literature (Barinova, 1996, 2006; Van Dam et al., 1994; Krammer, Lange-Bertalot, 1991). Analytical work was carried out by hydrochemical research methods (Guide, 1977).

### 3. Results and discussion

#### *Particle-size distribution data*

Before characterizing the ice inclusions, we introduced data on particle-size distribution, which is a source of important information about the origin of sediments (alluvial and eolian), their transport history and sedimentation conditions (Buurman et al., 2001; Van Genuchten et al., 1999; Eshel et al., 2004; Pachepsky, Rawls, 2004; Rawle, 2017; Segal et al., 2009; Wolform, 2011). According to analysis, variation of suspended particles on the selected layers in core is almost three orders of magnitude (2.26 g/L in the 40–43 cm and 0.003 g/L in the 117–133 cm with an average content of 0.71 g/L). But the particle distribution (distribution by volume) in core was closed (Fig. 2). In all layers, peaks of fractions of medium and coarse dust (5–10 and 10–50  $\mu\text{m}$ ), fine and medium sand (50–250 and 250–500  $\mu\text{m}$ ) are predominantly detected in the upper part of the core. The exception is the layer of 43–52 cm: its differential curve is characterized by a single peak of high intensity with a maximum of about 500  $\mu\text{m}$ , which indicates a high sorting of particles. The reasons for the latter will be discussed below.

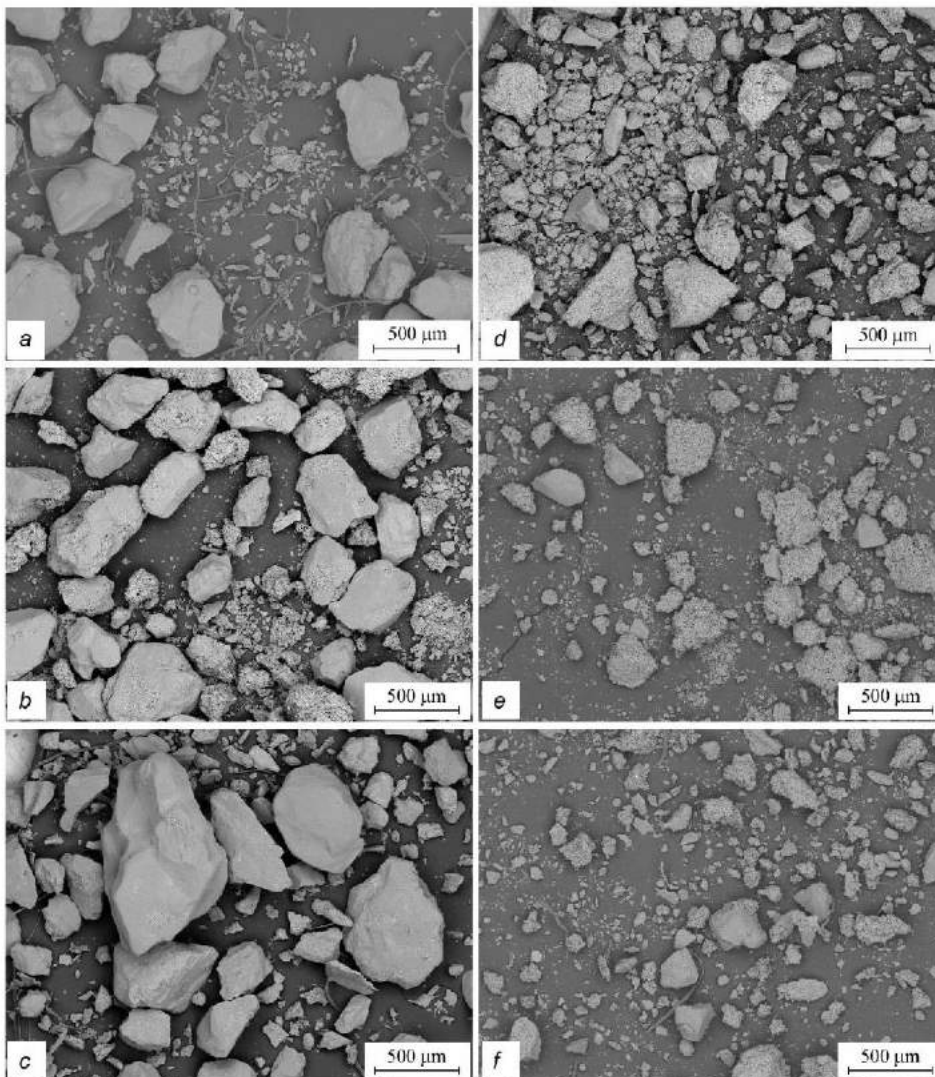


**Fig. 2.** Differential particle-size distribution in the ice samples: distribution on volume (1) and the number of particles of a certain size, *a* – layer 0–40 cm, *b* – layer 40–43 cm, *c* – layer 43–52 cm, *d* – layer 52–70 cm, *e* – layer 70–117 cm, *f* – layer 117–133 cm. For other explanations see text.

However, layers are drastically different by intensity peaks and, accordingly, the contributions of the individual fractions that related to the predominance of those or other processes in different phases of ice formation. So the particles of medium-sized sand (Fig. 2a, b) dominated at the top of the core (layers 0–40 and 40–43 cm), that corresponds to the formation of layer during freeze-up. Anchor ice participates in the formation of the next layer (43–52 cm), as evidenced by the proximity of differential ice particle distribution curves of inclusions (Fig. 2c) and bottom sediment in this river area (Shaldybin et al., 2016). The inclusions lower layers (layers of core 52–70 and 70–117 cm) are the thinnest in size. Formation irregularly shaped loam accumulations in these layers associated with winter dumping of water from the reservoirs of large hydropower plants in the Sungari, Zeya and Bureya rivers network, which leads to an increase in water velocity and turbidity (Makhinov, Kim 2013, Makhinov et al., 2017). Differential curves (Fig. 2d, e) and dimension prevailing particles ice inclusions coincide with those of the suspended load and warps in this river area. In the layer of glassy ice at extremely low content inclusions their distribution is close (Fig. 2f), as evidenced by the differential distribution curves and calculations on the number of particles of a certain size.

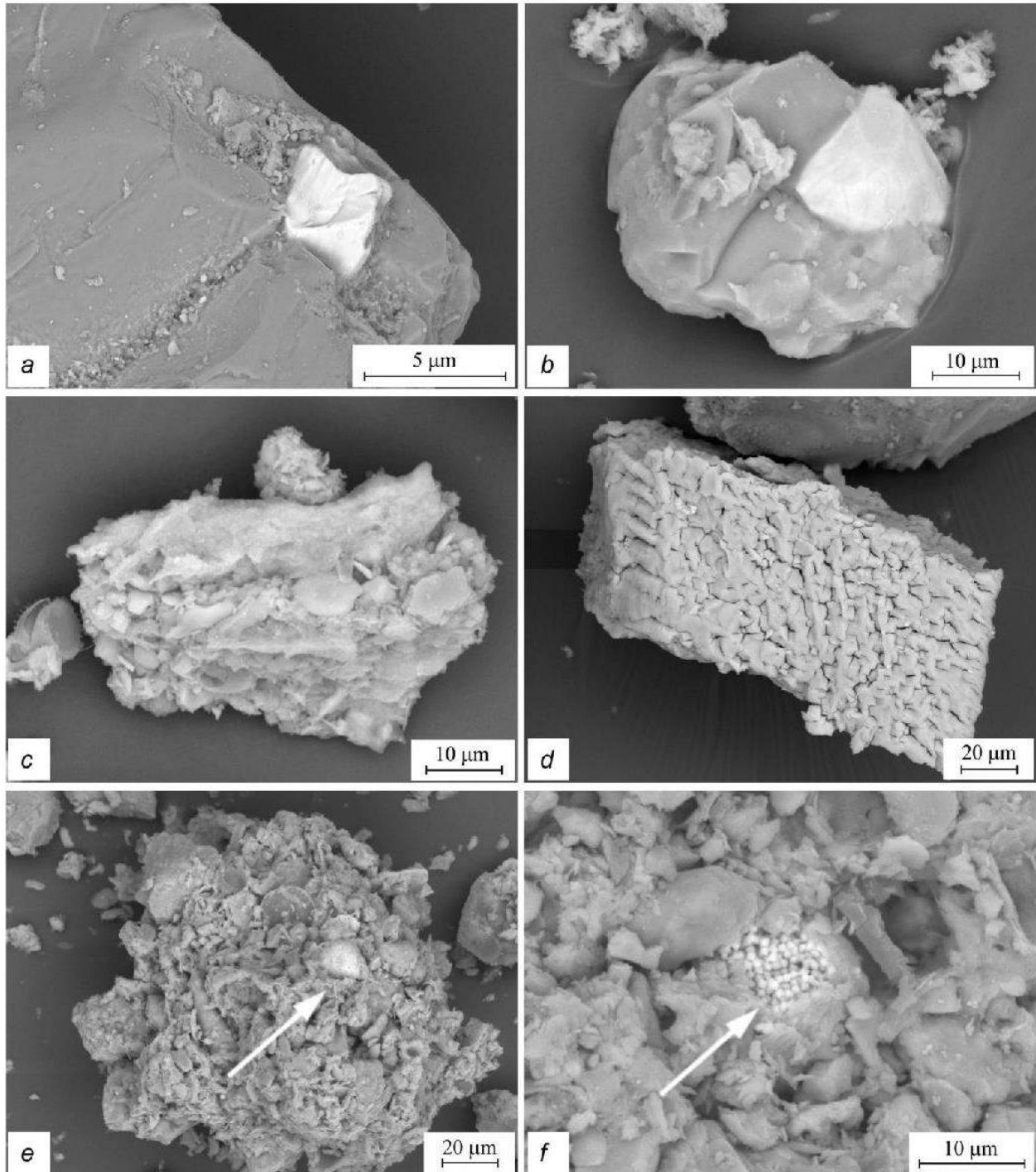
#### *SEM analysis*

Analysis of size, morphology and composition of inclusions with electron microscopy methods (Fig. 3) confirms data on particle-size distribution and shows that the upper part of the core is presented mainly as grains of primary minerals – quartz and feldspar (Fig. 3a–c).



**Fig. 3.** Micrographs of particles in the ice samples: *a* – layer 0–40 cm, *b* – layer 40–43 cm, *c* – layer 43–52, cm, *d* – layer 52–70 cm, *e* – layer 70–117 cm, *f* – layer 117–133 cm (SEM, BSE-detector).

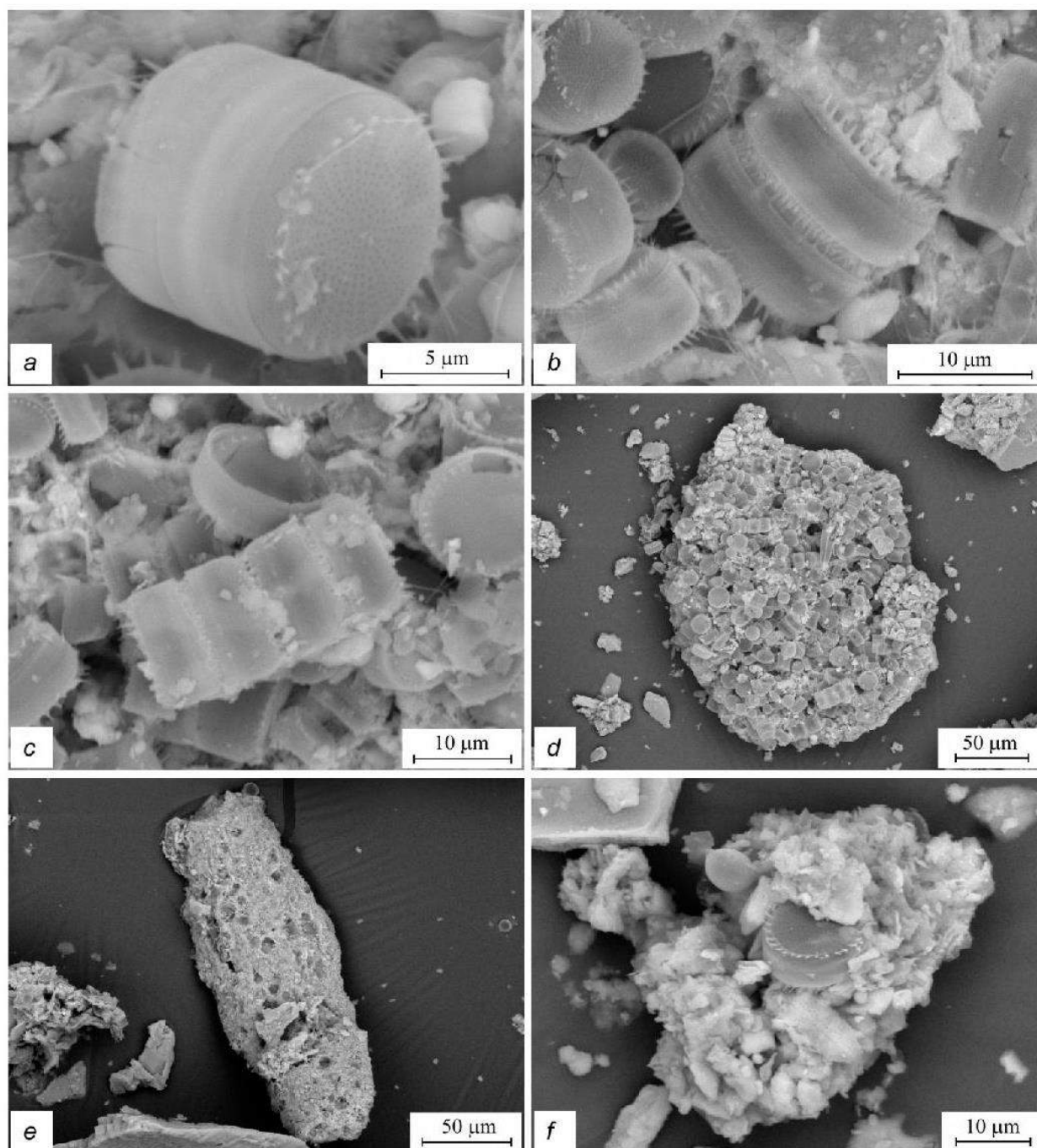
Also accessory minerals (the content of which <1%) of epidote-hornblende association (zircon  $ZrSiO_4$  and ilmenite  $FeTiO_3$ ) were diagnosed by energy dispersive analysis in these layers (Fig. 4a, b). Silty and clayey particles dominated in the lower layers of the core (Fig. 3d–f). Clay minerals are presented mainly as microaggregates, in which participated iron hydroxides (Fig. 4c).



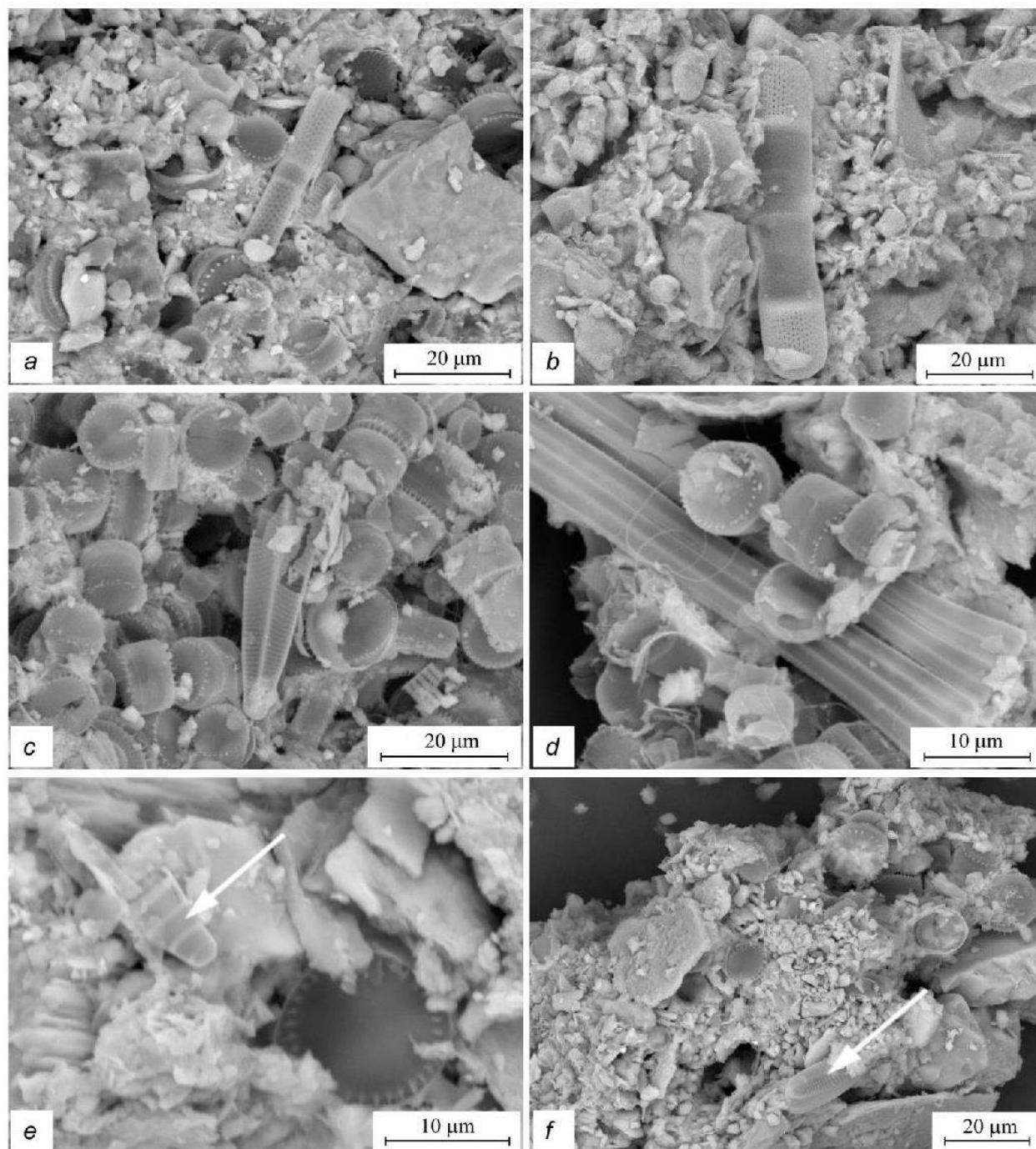
**Fig. 4.** Micrographs of zircon (*a*) and ilmenite (*b*) grains, clayey microaggregate (*c*), neoformations of calcite (*d*, layer 43–52 cm) and pyrite in clayey microaggregates (*e*, *f*, arrows, layer 70–117 cm) (SEM, BSE-detector)

Of the chemogenic inclusions, calcite  $\text{CaCO}_3$  and pyrite  $\text{FeS}_2$  were diagnosed (Fig. 4d–f). Calcite neof ormations were found in a layer 43–52 cm in different forms 100–200  $\mu\text{m}$  in size. Pyrite was discovered below in layers 52–70 and 70–117 cm in the composition of the clayey microaggregates as framboids, consisting of individual octahedral microcrystals. Framboid size does not exceed 2  $\mu\text{m}$  in the layer of 52–70 cm their size reaches 10–15  $\mu\text{m}$  in next layer 70–117 cm. The formation of pyrite testifies to the reducing conditions in the lower layers of the core and the development of sulfate-reducing bacteria in them (Barton, Hamilton, 2009; Berger et al., 1996).

Biogenic ice inclusions – diatom algae – were found throughout the ice (Fig. 5, 6).



**Fig. 5.** Centric diatoms of genera *Stephanodiscus* in the ice core: *a-c* – *S. hantzchii* Grunow, *d* – diatom aggregations (layer 40–43 cm) and *e, f* – clayey microaggregates with participation of diatoms (SEM, BSE-detector)



**Fig. 6.** Centric diatoms of genera *Aulacoseira* (a–b) and Pennate species (c–f) in the ice core: a – *A. islandica* (O. Müller) Simonsen, b – germinating spore of *A. islandica*, c – *Navicula* sp., d – *Asterionella formosa* sp., e – *Meridion circulare* sp. (arrow), f – *Gomphonema* sp. (arrow) (SEM, BSE-detector)

Predominantly identified diatoms are planktonic species. The diagnosed species prefer mildly alkaline water, as well as the availability of easy oxidable organic substances (Barinova et al., 2006). Species *Stephanodiscus hantzschii* Grunov (class Coscinodiscophyceae, family Stephanodiscaceae, genus *Stephanodiscus*) stands out look among planktonic species on frequency of occurrence and ecology. *S. hantzschii* are single cells, their threads (Fig. 5a–c) and aggregations include some pennate species (Fig. 6c–f). The largest number of them was fixed in a layer with a maximum content of suspended particles (40–43 cm), where they form microaggregates, sizes up to 250 μm (Fig. 5d). In the lower layers of the core, where suspended substance presented mainly clayey particles they form with them microaggregates up 50 to 200–250 μm in size (Fig. 5e, f).



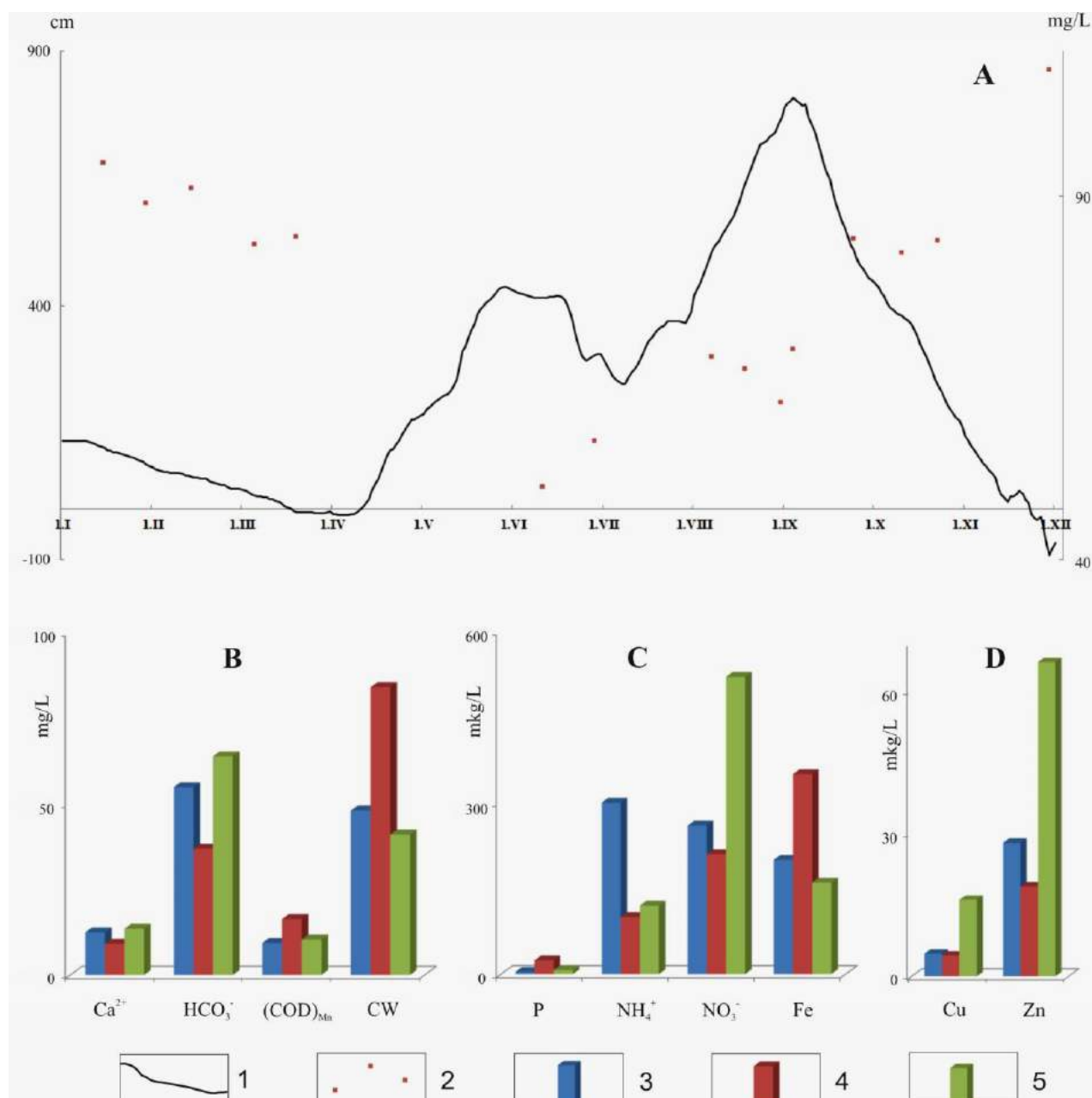
These diatoms use a special strategy for communication with other particles: communication by spines and bonding allocated mucopolysaccharides. With using of both bond mechanisms diatoms became centers of microaggregation and crystallization during freeze-up (Badaut, Risach, 1983; Bowler et al., 2008; Daly, 1994; Fragoulis et al., 2004; Gärdes et al., 2011; Gorsky et al., 1999; Hamm, 2002; Lacelle et al., 2009; Neu, 2000; Shein et al., 2016; Schnell, 1975; Zimmermann–Timm, 2002). Whereby diatoms (live and dead cells) are the substrate for the generation units of the number and size of the aggregates in aquatic systems.

Such a mass development of this species in krioperiphytone was not previously noted (Yuryev, 1988). Species *Melosira islandica* (*Aulacoseira islandica*) was registered as "an absolute dominant" which gave up to 96% of the biomass (Usolceva et al., 2006). The population of *Aulacoseira islandica* was developed in the lower layer of ice cover and on its bottom surface. Although in individual winter periods centric diatoms from genus *Stephanodiscus* and *Cyclotella* participated in the phytoplankton with up to 44% of biomass. In the ice samples after the flood of 2013 *Aulacoseira islandica* occurs sporadically (Fig. 6a, b).

Change of the leading species is one of the basic indicators of the disturbance of the structural and functional ordering of the hydrobionts. Diatoms like all hydrobionts in watercourses, are organized in such a way as to maximize the utilization of nutrients and energy in certain river areas, on the other hand, adapt to the changes in the river continuum (Bogatov, 2013; Vannote et al., 1980). Floods cause changes not only the hydrological regime of watercourses, but the physico-chemical properties of water. Influence of repeated floods for reofilic systems fairly well researched, formulated the concept of pulsating floods (Junk et al., 1989). However, the impact of catastrophic floods, such as flooding in 2013 on the Amur River, in connection with them infrequently, is unclear. So while it is difficult to call the real cause of mass development of *Stephanodiscus hantzschii* in krioperiphytone. The change in the composition of the leading species may be due to re-colonization from refugiums and with the arrival of eutrophying substances and pollutants from a variety of sources. All the environmental characteristics of *Stephanodiscus hantzschii* (galofil, alkalibiont, alfa-mezzo-polisaprob, inhabitant of eutrophic and hyper-eutrophic waters) allow for consideration of this species as bioindicator of polluted waters.

Analysis of mineralization, content of major ions and nutrients (phosphorus, nitrogen, iron) showed that during the freeze-up period, the sink of nitrate nitrogen was the highest for the entire observation period (Shesterkina, Shesterkin, 2001; Shesterkin, 2010, 2016), the content of Cu and Zn significantly exceeded the MPC. The concentration of nitrates in the sub-ice water in December 2013 was more than 500 mg N/L, and concentrations of Cu and Zn were extremely high for the Amur River up to 20–30 and 70–90 mg/L respectively (Fig. 7).

According to de Jonge et al. (2010), Cu and Zn after Si and Fe (Brzezinski et al., 1997; Kröger et al., 2001; Poulsen et al., 2003; Poulsen & Kröger, 2004; Scheffel et al., 2011) are the necessary elements for the development of the diatoms. Pollution of the Amur River is primarily associated with pollutants from its main tributary – the Songhua River. Increased mineralization of the water and the higher concentration of chlorides, sulfates and compounds of nutrients (nitrogen, phosphorus, iron) and trace elements (Cu and Zn) stimulate the development of *Stephanodiscus hantzschii* and confirm his bioindication properties. The mass development of this species and other members of the genus *Stephanodiscus* revealed in other rivers (Irtysh, Ob, Volga, Danube etc.) after antropogenic pollution (Sokolsky, Evseeva, 2011). The data obtained also show high concentrations during freeze-up the bicarbonate ion  $\text{HCO}_3^-$  (up to 60–80 mg/L, November–December), that explains formation in ice cover chemical inclusions of calcite.



**Fig. 7.** Levels and average values of water mineralization Amur River (a), content of major ions,  $(\text{COD})_{\text{Mn}}$  and water colour in degrees (b), content of nutrient content (c) and the trace elements (d), Khabarovsk water node, 2013

#### 4. Conclusion

The paper presents data on the composition of the ice in the Middle Amur (Khabarovsk water node) after the extreme flooding of 2013, its terrigenous, chemical and biogenic components. The main sources of terrigenous material are wind shift, capture soil on the shoals during the fall ice surfacing bottom ice, avalanches block when ice erosion of clayey floodplain, rockfalls from the steep slopes on the ice surface in the mountainous part of the valley and lift of anchor ice. Chemogenic inclusions are formed due to chemical processes in the ice thickness, biogenic inclusions – due to the development of diatoms.

The analysis showed that the content of terrigenous material and its change in ice thicker does not exceed the average multi-annual values. In general, the distribution of particles in ice thicker on their volume and number (except for layers, formation of anchor ice) is close and corresponds to the composition of the warps (silt deposits on the flood plain) and river suspended

matter in the studied river area. In layers, formatted by anchor ice, size of inclusions corresponds to that of the bottom sediments.

Composition of diagnosed chemogenic inclusions (neof ormations of calcite  $\text{CaCO}_3$  and pyrite  $\text{FeS}_2$ ), their number and size depend on the chemical composition of water during the freeze-up and redox conditions in the layer. Calcite  $\text{CaCO}_3$  neof ormations noted at the bottom of the ice thickness, formed at the end of the freeze-up. Formation of pyrite  $\text{FeS}_2$  is associated with freezing new layers of ice at its bottom after freeze-up in reducing conditions, mainly in the middle and late winter.

The main impact of flooding had on biogenic inclusions (diatoms), they are found throughout ice thicker. Species *Melosira islandica* (*Aulacoseira islandica*) was previously registered as "an absolute dominant» before flood of 2013, after that meets in ice samples sporadically. The change of the leading species (from single population *Aulacoseira islandica* to *Stephanodiscus hantzschii*, Coscinodiscophyceae class, *Stephanodiscaceae* family, genus *Stephanodiscus*) was fixed. By frequency of occurrence in the entire ice thickness, species *Stephanodiscus hantzschii* stands out. This is one of the main indicators of structural and functional violations orderliness of hydrobionts. The mass development of this species and other members of the genus *Stephanodiscus* were revealed in other rivers (Irtysh, Ob, Volga, Danube, etc.) after antropogenic pollution. The change in the composition of the leading species associated with the arrival of eutrophying substances and pollutants from the Sungari River (the largest tributary of the Amur River) as a result of outcome of flooding of agricultural lands and residential territories.

### Литература

**Баринаова, Медведева, 1996** – Баринаова С.С., Медведева Л.А. (1996). Атлас водорослей–индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 364 с.

**Баринаова и др., 2006** – Баринаова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. (2006). Биоразнообразии водорослей–индикаторов окружающей среды. Tel-Aviv: Pilies Studio. 498.

**Богатов, 2013** – Богатов В.В. (2013). О закономерностях функционирования речных экосистем в свете базовых научных концепций // *Вестник СВНЦ ДВО РАН* 4: 90–99, doi: [10.7868/S0321059617040101](https://doi.org/10.7868/S0321059617040101)

**Бойкова, 1963** – Бойкова К.Г. (1963). Наводнения на реках Амурского бассейна. Хабаровск, Хабаровское книжное издательство, 192–259.

**Генкал и др., 2002** – Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. (2002). Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. М.: Научный мир. 202.

**Данилов-Данильян, Гельфан, 2014** – Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н. (2014). Экстраординарное наводнение в бассейне реки Амур // *Вестн. РАН* 84(9): 817–825, doi: [10.7868/S0869587314090060](https://doi.org/10.7868/S0869587314090060)

**Диатомовые, 1992** – Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные) / отв. ред. И.В. Макарова (1992). СПб.: Наука, Т. II, вып. 2. 125.

**Дугина, 2013** – Дугина И.О. (2014). Выдающееся наводнение на Амуре 2013 года и его особенности. Взгляд гидролога // *Наводнение-2013*, Талакан: ОАО РусГидро, с. 41–57.

**Иванов и др, 1987** – Иванов А.В., Юрьев Д.Н., Лебедев Ю.М. (1987). Криоперифитон в ледяном покрове р. Амур // *Материалы гляциологических исследований* 60: 184–188.

**Лебедев и др., 1981** – Лебедев Ю.М., Юрьев Д.Н., Сиротский С.Е. (1981). Зимний фотосинтез в р. Амур и развитие водорослей в связи с подледными световыми условиями // *Круговорот вещества и энергии в водоемах*. Вып. 1. Элементы биотического круговорота. Иркутск: СО АН СССР, с. 88–89.

**Махинов, Ким, 2013** – Махинов А.Н., Ким В.И. (2013). Ледяной покров реки Амур и его влияние на русловые процессы // *Водные ресурсы*, 40(4):356–366, doi: [10.7868/S0321059613040081](https://doi.org/10.7868/S0321059613040081)

**Махинов и др., 2017** – Махинов А.Н., Ким В.И., Шмигирилов С.А. (2017). Строение льда и ледового покрова реки Амур в нижнем течении на участках разветвленного русла // *Водные Ресурсы* 44(4): 432–441, doi: [10.7868/S0321059617040101](https://doi.org/10.7868/S0321059617040101)

**Медведева и др., 2001** – Медведева Л.А., Сиротский С.Е., Оглы З.П. (2001). Водоросли бассейна реки Амур (Россия): Литературный обзор // *Биогеохимические и гидроэкологические особенности экосистем бассейна реки Амур*, вып. 11, Владивосток: Дальнаука, с. 151–174.

- Медведева, Сиротский, 2002 – Медведева Л.А., Сиротский С.Е. (2002). Аннотированный список водорослей реки Амур и водоемов его придаточной системы // *Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем*, вып. 12, Владивосток: Дальнаука, с. 130–218.
- Медведева, Никулина, 2014 – Медведева Л.А., Никулина Т.В. (2014). Каталог пресноводных водорослей юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 271 с.
- Немировская и др., 2015 – Немировская И.А., Кравчишина М.Д., Реджепова З.Ю. (2015). Органические соединения и взвесь в снежно-ледяном покрове и почвах в районах антарктических станций России, *Лёд и Снег*. 55(4): 114–126, doi: 10.15356/2076-6734-2015-4-114-126
- Никулина, 2014 – Никулина Т.В. (2014). Видовой состав альгофлоры Нижнего Амура в 2005–2014 гг. и оценка качества воды по данным биологического анализа // *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*, вып. 6, Владивосток: Дальнаука, с. 483–500.
- Ресурсы, 1966 – Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18, Дальний Восток, вып.1, Верхний и Средний Амур (1966). Л.: Гидрометеиздат, 780 с.
- Руководство, 1977 – Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши (1977). Л.: Гидрометеиздат, 550 с.
- Сокольский, Евсеева 2011 – Сокольский И.А., А.Ф., Евсеева С.С. (2011). Фитопланктон Нижней Волги и других рек Европы при антропогенном воздействии. Водные биоресурсы и их рациональное использование // *Вестник Астраханского государственного техн. ун-та* 2: 49–52.
- Страхов и др., 1954 – Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князева Л.М., Разжигина А.Н., Ратеев М.А., Сапожников Д.Г., Шишова Е.Е. (1954). Образование осадков в современных водоемах, Москва: АН СССР, 791с.
- Усольцева и др., 2006 – Усольцева М.В., Никулина Т.В., Юрьев Д.Н., Лихошвай Е.В. (2006). К изучению развития и морфологических особенностей *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (Bacillariophyta) // *Альгология* 16(2):145–155.
- Шалдыбин и др., 2016 – Шалдыбин М.В., Харитонов Г.В., Ким В.И., Лопушняк Ю.М., Уткина Е.В., Дембовецкий А.В., Коновалова Н.С., Юдина А.В., Шмигирилов С.А. (2016). Минералогия и состав отложений реки Амур в зоне влияния реки Сунгари // *Тихоокеанская геология* 35(1):92–108.
- Шестеркин, 1990 – Шестеркин В.П. (1990). Особенности химического состава льда р. Амур // *Гидрохимические материалы* 108:3–112.
- Шестеркина, Шестеркин, 2001 – Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П. (2001). Зимний сток растворенных веществ Среднего Амура // *География и природные ресурсы* 4: 144–147.
- Шестеркин, 2010 – Шестеркин В.П. (2010). Изменение химического состава речных вод в Хабаровском водном узле за столетие // *Тихоокеанская геология* 29(2): 112–118.
- Шестеркин, 2016 – Шестеркин В.П. (2016). Изменение химического состава вод Амура в период исторического наводнения в 2013 году // *Водные ресурсы* 43(3): 287–296, doi: 10.7868/S0321059616030159
- Юрьев, Лебедев, 1988 – Юрьев Д.Н., Лебедев Ю.М. (1988). Развитие ледового перифитона р. Амур в связи со световым фактором // *Ботан. журн.* 73(11):1546–1551.
- Badaut & Risach, 1983 – Badaut D., Risach F.(1983). Authigenie smectite on diatom frustules in Bolivian saline lakes // *Geochimica et Cosmochimica Acta* 47:363-375, doi: 10.1016/0016-7037(83)90259-4
- Barton & Hamilton, 2009 – Barton L., Hamilton A. (2009). Sulphate-reducing bacteria: environmental and engineering systems. Cambridge University Press: New York, 533 p.
- Berger et al., 1996 – Berger B., Hoch B., Kavka G., Herndl G.J. (1996). Bacterial colonization of suspended solids in the River Danube // *Quatic Microbial Ecology* 10:37–44.
- Bowler et al., 2008 – Bowler C., Allen A.E., Badger J.H., Grimwood J., Jabbari K., Kuo A., Maheswari U., Martens C., Maumus F., Otilar R.P., Rayko E., Salamov A., Vandepoele K., Beszteri B., Gruber A., Heijde M., Katinka M., Mock T., Valentin K., Verret F., Berges J.A., Brownlee C., Cadoret J.-P., Chiovitti A., Choi C.J., Coese S., De Martino A., Detter J.C., Durkin C., Falciatore A., Fournet J., Haruta M., Huysman M.J.J., Jenkins B.D., Jiroutova K., Jorgensen R.E., Joubert Y., Kaplan A., Kröger N., Kroth P.G., La Roche J., Lindquist E., Lommer M., Martin-Jézéquel V., Lopez P.J., Lucas S., Mangogna M., McGinnis K., Medlin L.K., Montsant A.,

Oudot–Le Secq M.-P., Napoli C., Obornik M., Parker M.S., Petit J.-L., Porce B.M., Poulsen N., Robison M., Rychlewski L., Rynearson T.A., Schmutz J., Shapiro H., Siaut M., Stanley M., Sussman M.R., Taylor A.R., Vardi A., von Dassow P., Vyverman W., Willis A., Wyrwicz L.S., Rokhsar D.S., Weissenbach J., Armbrust E.V., Green B.R., Van de Peer Y., Grigoriev I.V. (2008) The Phaeodactylum genome reveals the evolutionary history of diatom genomes // *Nature* 456:239–244, doi:10.1038/nature07410

Brzezinski et al., 1997 – Brzezinski M.A., Alldredge A.L., O'Bryan L.M. (1997). Silica cycling within marine snow // *Limnology and Oceanography* 42(8):1706–1713, doi: 10.4319/lo.1997.42.8.1706

Buurman et al., 2001 – Buurman P., Pape T., Reijneveld J.A., de Jong F. and van Gelder E. (2001). Laser-diffraction and pipette method grain sizing of Dutch sediments: correlations for fine fractions of marine, fluvial and loess samples // *Netherlands Journal of Geosciences* 80(2): 49–57.

Daly, 1994 – Daly S.F. (1994). Report on frazil ice. Engineering Research & Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL Special Report 94-23. Hanover, NH. 43 p.

Dam van et al., 1994 – Dam H. van, Mertens A., Sinkeldam J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // *Neth. J. Aquat. Ecol.* 1(28):117–133.

Eshel et al., 2004 – Eshel G., Levy G.J., Migelgrin U. and Singer M.J. (2004). Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis // *Soil Science Society of America Journal* 68:736–743.

Fragoulis et al., 2004 – Fragoulis D., Stamatakis M.G., Chaniotakis E., Columbus G. (2004). Characterization of lightweight aggregates produced with clayey diatomite rocks originating from Greece // *Materials Characterization* 53:307–316, doi:10.1016/j.matchar.2004.05.004

Gärdes et al., 2011 – Gärdes A., Iversen M.H., Grossart H.-P., Passow U., Ullrich M. S. (2011). Diatom-associated bacteria are required for aggregation of *Thalassiosira weissflogii* // *ISME Journal* 5(3): 436–445, doi: 10.1038/ismej.2010.145

Genuchten van et al., 1999 – Genuchten M.T. van, Leij F.J. and Wu L. (1999). Characterization and measurement of the hydraulic properties of unsaturated porous media. In van Genuchten, M.T. et al. (eds.) *Proceedings of the International Workshop on Characterization and Measurement of the Hydraulic Properties of Unsaturated Porous Media*: University of California, California, pp. 1–12.

Gorsky et al., 1999 – Gorsky G., Chrétiennot-Dinet M.J., Blanchot J., Palazzoli I. (1999). Picoplankton and nanoplankton aggregation by appendicularians: fecal pellet contents of *Megalocercus huxleyi* in the equatorial Pacific // *Journal of Geophysical Research* 104 (C2): 3381–3390, doi:10.1029/98JC01850

Guiry & Guiry, 2017 – Guiry M.D., Guiry G.M. (2017). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland. Galway. 2017. <http://www.algaebase.org>; searched on 15 May 2017.

Hamm, 2002 – Hamm C. (2002). Interactive aggregation and sedimentation of diatoms and clay-sized lithogenic material // *Limnology and Oceanography* 47(6): 1790–1795, hdl:10013/epic.15046.d001

Jonge de et al., 2010 – Jonge M.D. de, Holzner C., Baines S.B., Twining B.S., Ignatyev K., Diaz J., Howard D.L., Legnini D., Miceli A., McNulty I., Jacobsen C.J., Vogt S. (2010). Quantitative 3D elemental microtomography of *Cyclotella meneghiniana* at 400-nm resolution // *Proc Natl Acad Sci USA* 107(36):15676–80, doi: 10.1073/pnas.1001469107

Junk et al., 1989 – Junk W.J., Bayley P.B., Sparks R.E. (1989). The flood-pulse concept in river-floodplain systems: Proceedings of the International Large River Symposium (ed. Dodge D.P.) // *Can. J. of Fish. Aquat. Sci. Spec. Publ.* 106:110-127

Krammer & Lange–Bertalot, 1991 – Krammer K., Lange–Bertalot H. (1991). Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa Stuttgart & Jena: Gustav Fischer Verlag. Bd. 2/3. 576 s.*

Kröger et al., 2001 – Kröger N., Deutzmann R., Sumper M. (2001). Silica-precipitating Peptides from Diatoms (The chemical structure of silaffin-1a from *Cylindrotheca fusiformis*) // *The Journal of Biological Chemistry* 276(28):26066–26070, doi: 10.1074/jbc.M102093200

- Lacelle et al., 2009 – Lacelle D., Lauriol B., Clark I.D. (2009). Formation of seasonal ice bodies and associated cryogenic carbonates in Caverne de l'Ours, Quebec, Canada: kinetic isotope effects and pseudo-biogenic crystal structures // *Journal of Cave and Karst Studies* 71(1):48–62.
- Neu, 2000 – Neu T.R. (2000). In situ cell and glycoconjugate distribution in river snow studied by confocal laser scanning microscopy // *Aquatic Microbial Ecology* 21:85–95.
- Pachepsky & Rawls, 2004 – Pachepsky Ya., Rawls W.Y. (2004). Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology. Elsevier: Amsterdam, 542 p.
- Poulsen et al., 2003 – Poulsen N., Sumper M., Kröger N. (2003). Biosilica formation in diatoms: characterization of native silaffin-2 and its role in silica morphogenesis // *Proc Natl Acad Sci USA* 100(21):12075–12080, doi: 10.1073/pnas.2035131100
- Poulsen & Kröger, 2004 – Poulsen N., Kröger N. (2004). Silica morphogenesis by alternative processing of silaffins in the diatom *Thalassiosira pseudonana* // *The Journal of Biological Chemistry* 279:42993–42999, doi:10.1074/jbc.M4077344200
- Rawle, 2017 – Rawle A. Basic principles of particle size analysis. Malvern Instruments Technical Paper MRK034. www.malvern.co.uk
- Scheffel et al., 2011 – Scheffel A., Poulsen N., Shian S., Kröger N. (2011). Nanopatterned protein microrings from a diatom that direct silica morphogenesis // *Proc Natl Acad Sci USA* 108(8):3175–3180, doi: 10.1073/pnas.1012842108
- Schnell, 1975 – Schnell R.C. (1975). Ice nuclei produced by laboratory cultured marine phytoplankton // *Geophysical Research Letter* 2(11): 500–502, doi: 10.1029/GL002i011p00500
- Segal et al., 2009 – Segal E., Shouse P.J., Bradford S.A., Skaggs T.Y. and Corwin D.L. (2009). Measuring particle size distribution using laser diffraction: Implications for predicting soil hydraulic properties // *Soil Science* 174(12):639–645.
- Shein et al., 2016 – Shein E.V., Kharitonova G.V., Milanovsky E.Yu. (2016). Aggregation of natural disperse formations: value of organic matter, soluble salts and diatoms, *Biogeosystem Technique* 7(1):77–86, doi: 10.13187/bgt.2016.7.77
- Vannote et al., 1980 – Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Gushing C.E. (1980). The river continuum concept // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130–137.
- Wolform, 2011 – Wolform R.L. (2011). The language of particle size // *J. GXP Compliance* 15(2): 10–20.
- Zimmermann–Timm, 2002 – Zimmermann–Timm H. (2002). Characteristics, dynamics and importance of aggregates in rivers (An Invited Review) // *Internat. Rev. Hydrobiol.* 87(2–3):197–240.

## References

- Barinova, Medvedeva, 1996 – Barinova S.S., Medvedeva L.A. (1996). Atlas of the algal indicators of saprobity (Russian Far East). Vladivostok: Dal'nauka, 364 p.
- Barinova et al., 2006 – Barinova S.S., Medvedev L.A., Anisimova O.V. (2006). Biodiversity of algae–environmental indicators. Tel-Aviv: Pilies Studio. 498 p.
- Bogatov, 2013 – Bogatov V.V. (2013). About the patterns of functioning of river ecosystems in light of basic scientific concepts, *Bulletin of the SVNC FEB RAS* 4: 90–99, doi: 10.7868/S0321059617040101
- Boikova, 1963 – Boikova K.G. (1963). Floods on the rivers of Amur basin, *Issues of the geography of the far East* 5: 192–259, Khabarovsk, Khabarovsk Book Publishing.
- Genkal et al., 2002 – Genkal S.I., Chekruzheva T.A., Komulainen S.F. (2002). Diatom ponds and watercourses of Karelia. Moscow: The scientific world. 202 p.
- Danilov-Danilyan, Gelfand, 2014 – Danilov-Danilyan V.I., Gelfand A.N. (2014). Extraordinary flooding in the basin of the Amur River, *Bulletin of the RAS* 84(9): 817–825, doi: 10.7868/S0869587314090060
- Diatoms, 1992 – Diatoms of the USSR (fossil and modern), ed. I.V. Makarov (1992). St. Petersburg: Nauka, 2(2), 125 p.
- Dugina, 2013 – Dugina I.O. (2014). Outstanding on the Amur floods of the year 2013 and its features. View a hydrology expert, *Flood -2013*, Talakan: OAO Rushydro, 41–57.
- Ivanov et al., 1987 – Ivanov A.V., Yuryev D.N., Lebedev Yu.M. (1987). Ice periphyton in the Amur River ice cover, *Glaciological studies* 60:184–188.

[Lebedev et al., 1981](#) – *Lebedev Yu.M., Yuryev D.N., Sirotsky S.E.* (1981). Winter photosynthesis in the Amur River and the development of algae in connection with podlednymi light conditions, *Cycles of matter and energy in reservoirs: Biotic elements cycle 1*. Irkutsk: Academy of Sciences USSR, pp. 88–89.

[Makhinov, Kim, 2013](#) – *Makhinov A.N., Kim V.I.* (2013). Ice Cover of the Amur River and Its Impact on Channel Processes процессы, *Water Resources* 40(4):391–398, doi: 10.1134/S0097807813040088

[Makhinov et al., 2017](#) – *Makhinov A.N., Kim V.I., Shmigirilov S.A.* (2017). The Structure of Ice and Ice Cover in Lower Amur Reaches with Branched Channel, *Water Resources* 44(4):559–578, doi: 10.1134/S0097807817040108

[Medvedeva et al., 2001](#) – *Medvedeva L.A., Sirotsky S.E., Oglu Z.P.* (2001). Algae Amur River basin (Russia): Review, *Biogeochemical and hydrological features of ecosystems of the basin of the Amur River* 11:151–174.

[Medvedeva, Sirotsky, 2002](#) – *Medvedeva L.A., Sirotsky S.E.* (2002). An annotated list of algae of the Amur River and reservoirs it system, *Biogeochemical and geocological studies of terrestrial and freshwater ecosystems* 12:130–218.

[Medvedeva, Nikulina, 2014](#) – *Medvedeva L.A., Nikulina T.V.* (2014). Catalogue of freshwater algae in the South of the Russian Far East. Vladivostok: Dal'nauka, 271 p.

[Nemirovskaya et al., 2015](#) – *Nemirovskaya I.A., Kravchishina M.D., Rejepov Z. Yu.* (2015). Organic compounds and suspended in the snow-ice cover and soils in the vicinities of the Russian Antarctic stations, *Ice and Snow* 55(4):114–126, doi: 10.15356/2076-6734-2015-4-114-126

[Nikulina, 2014](#) – *Nikulina T.V.* (2014). The species composition of the algae flora of Lower Amur in 2005–2014 years and assessment of water quality according to the biological analysis, *Readings in memory of Vladimir Yakovlevich Levanidova* 6, Vladivostok: Dal'nauka, pp. 483–500.

[Resources, 1966](#) – Surface water resources of the USSR. V. 18. Far East. Вып.1. Upper and Middle Amur (1966). Leningrad: Hydrometeoizdat, 780 p.

[Guide, 1977](#) – Guide to chemical analysis of the surface land waters (1977). Leningrad: Hydrometeoizdat, 550 p.

[Sokolsky, Evseeva, 2011](#) – *Sokolsky A.F., Evseeva S.S.* (2011). Phytoplankton of the lower Volga and other rivers of Europe when anthropogenic impact. Water bio-resources and their rational use, *Bulletin of Astrakhan State technical University* 2:49–52

[Strakhov et al., 1954](#) – *Strakhov N.M., Brodskaya N.G., Knyazev L.M., Razzhigina A.N., Rateev M.A., Shoemakers D.G., Shishov E.E.* (1954). The formation of sediments in modern reservoirs, Moscow: AN USSR, 791 p.

[Usolceva et al., 2006](#) – *Usolceva M.V., Nikulin T.V., Yuryev D.N., Lihoshvaj E.V.* (2006). To study the development and morphological characteristics of *Aulacoseira islandica* (o. Müller) At (Bacillariophyta), *Phycology* 16(2):145–155.

[Shaldybin et al., 2016](#) – *Shaldybin M.V., Kharitonova G.V., Kim V.I., Lopushnyak Yu.M., Utkina E.V., Dembovetsky A.V., Konovalova N.S., Yudina A.V., Shmigirilov S.A.* (1990). Mineralogy and composition of the Amur River bottom sediments in the Sungari River zone of influence, *Pacific geology* 35(1):92–108.

[Shesterkin, 1990](#) – *Shesterkin V.P.* (1990). Features of chemical composition of ice Amur River, *Hydrochemical materials* 108:3–12.

[Shesterkina, Shesterkin, 2001](#) – *Shesterkina N.M., Shesterkin V.P.* (2001). Winter flow of dissolved substances on the Middle Amur, *Geography and natural resources* 4:144–147.

[Shesterkin, 2010](#) – *Shesterkin V.P.* (2001). Centennial variation in the chemical composition of the river water in the Khabarovsk water node, *Russian Journal of Pacific Geology* 4(2):187–199.

[Shesterkin, 2016](#) – *Shesterkin V.P.* (2016). Variations of Amur Water Chemistry during the Historical 2013 Flood, *Water Resources* 43(3):495–503, doi: 10.1134/S0097807816030155

[Yuryev & Lebedev, 1988](#) – *Yuryev D.N., Y. Lebedev Yu.M.* (1988). Development of ice periphyton Amur River in connection with the light factor, *Botanical journal* 73(11):1546–1551.

[Badaut & Risach, 1983](#) – *Badaut D., Risach F.* (1983). Authigenie smectite on diatom frustules in Bolivian saline lakes, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 47:363–375, doi: 10.1016/0016-7037(83)90259-4

**Barton & Hamilton, 2009** – Barton L., Hamilton A. (2009). Sulphate-reducing bacteria: environmental and engineering systems. Cambridge University Press: New York, 533 p.

**Berger et al., 1996** – Berger B., Hoch B., Kavka G., Herndl G.J. (1996). Bacterial colonization of suspended solids in the River Danube, *Quatic Microbial Ecology* 10:37–44.

**Bowler et al., 2008** – Bowler C., Allen A.E., Badger J.H., Grimwood J., Jabbari K., Kuo A., Maheswari U., Martens C., Maumus F., Otilar R.P., Rayko E., Salamov A., Vandepoele K., Beszteri B., Gruber A., Heijde M., Katinka M., Mock T., Valentin K., Verret F., Berges J.A., Brownlee C., Cadoret J.-P., Chiovitti A., Choi C.J., Coese S., De Martino A., Detter J.C., Durkin C., Falciatore A., Fournet J., Haruta M., Huysman M.J.J., Jenkins B.D., Jiroutova K., Jorgensen R.E., Joubert Y., Kaplan A., Kröger N., Kroth P.G., La Roche J., Lindquist E., Lommer M., Martin-Jézéquel V., Lopez P.J., Lucas S., Mangogna M., McGinnis K., Medlin L.K., Montsant A., Oudot-Le Secq M.-P., Napoli C., Obornik M., Parker M.S., Petit J.-L., Porce B.M., Poulsen N., Robison M., Rychlewski L., Rynearson T.A., Schmutz J., Shapiro H., Siaut M., Stanley M., Sussman M.R., Taylor A.R., Vardi A., von Dassow P., Vyverman W., Willis A., Wyrwicz L.S., Rokhsar D.S., Weissenbach J., Armbrust E.V., Green B.R., Van de Peer Y., Grigoriev I.V. (2008) The *Phaeodactylum* genome reveals the evolutionary history of diatom genomes, *Nature* 456:239–244, doi:10.1038/nature07410

**Brzezinski et al., 1997** – Brzezinski M.A., Alldredge A.L., O'Bryan L.M. (1997). Silica cycling within marine snow, *Limnology and Oceanography* 42(8):1706–1713, doi: 10.4319/l0.1997.42.8.1706

**Buurman et al., 2001** – Buurman P., Pape T., Reijneveld J.A., de Jong F. and van Gelder E. (2001). Laser-diffraction and pipette method grain sizing of Dutch sediments: correlations for fine fractions of marine, fluvial and loess samples, *Netherlands Journal of Geosciences* 80(2):49–57.

**Daly, 1994** – Daly S.F. (1994). Report on frazil ice. Engineering Research & Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL Special Report 94-23. Hanover, NH. 43 p.

**Dam van et al., 1994** – Dam H. van, Mertens A., Sinkeldam J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands, *Neth. J. Aquat. Ecol.* 1(28):117–133.

**Eshel et al., 2004** – Eshel G., Levy G.J., Migelgrin U. and Singer M.J. (2004). Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis, *Soil Science Society of America Journal* 68:736–743.

**Fragoulis et al., 2004** – Fragoulis D., Stamatakis M.G., Chaniotakis E., Columbus G. (2004). Characterization of lightweight aggregates produced with clayey diatomite rocks originating from Greece, *Materials Characterization* 53:307–316, doi:10.1016/j.matchar.2004.05.004

**Gärdes et al., 2011** – Gärdes A., Iversen M.H., Grossart H.-P., Passow U., Ullrich M. S. (2011). Diatom-associated bacteria are required for aggregation of *Thalassiosira weissflogii*, *ISME Journal* 5(3):436–445, doi: 10.1038/ismej.2010.145

**Genuchten van et al., 1999** – Genuchten M.T. van, Leij F.J. and Wu L. (1999). Characterization and measurement of the hydraulic properties of unsaturated porous media. In van Genuchten, M.T. et al. (eds.) Proceedings of the International Workshop on Characterization and Measurement of the Hydraulic Properties of Unsaturated Porous Media: University of California, California, pp. 1–12.

**Gorsky et al., 1999** – Gorsky G., Chrétiennot-Dinet M.J., Blanchot J., Palazzoli I. (1999). Picoplankton and nanoplankton aggregation by appendicularians: fecal pellet contents of *Megalocercus huxleyi* in the equatorial Pacific, *Journal of Geophysical Research* 104 (C2):3381–3390, doi:10.1029/98JC01850

**Guiry & Guiry, 2017** – Guiry M.D., Guiry G.M. (2017). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland. Galway. 2017. <http://www.algaebase.org>; searched on 15 May 2017.

**Hamm, 2002** – Hamm C. (2002). Interactive aggregation and sedimentation of diatoms and clay-sized lithogenic material, *Limnology and Oceanography* 47(6):1790–1795, hdl:10013/epic.15046.d001

**Jonge de et al., 2010** – Jonge M.D. de, Holzner C., Baines S.B., Twining B.S., Ignatyev K., Diaz J., Howard D.L., Legnini D., Miceli A., McNulty I., Jacobsen C.J., Vogt S. (2010).



Quantitative 3D elemental microtomography of *Cyclotella meneghiniana* at 400-nm resolution, *Proc Natl Acad Sci USA* 107(36):15676–80, doi: 10.1073/pnas.1001469107

Junk et al., 1989 – Junk W.J., Bayley P.B., Sparks R.E. (1989). The flood-pulse concept in river-floodplain systems: Proceedings of the International Large River Symposium (ed. Dodge D.P.), *Can. J. of Fish. Aquat. Sci. Spec. Publ.* 106:110-127

Krammer, Lange–Bertalot, 1991 – Krammer K., Lange–Bertalot H. (1991). Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa Stuttgart & Jena: Gustav Fischer Verlag. Bd. 2/3. 576 s.

Kröger et al., 2001 – Kröger N., Deutzmann R., Sumper M. (2001). Silica-precipitating Peptides from Diatoms (The chemical structure of silaffin-1a from *Cylindrotheca fusiformis*), *The Journal of Biological Chemistry* 276(28):26066–26070, doi: 10.1074/jbc.M102093200

Lacelle et al., 2009 – Lacelle D., Lauriol B., Clark I.D. (2009). Formation of seasonal ice bodies and associated cryogenic carbonates in Caverne de l'Ours, Québec, Canada: kinetic isotope effects and pseudo-biogenic crystal structures, *Journal of Cave and Karst Studies* 71(1):48–62.

Neu, 2000 – Neu T.R. (2000). In situ cell and glycoconjugate distribution in river snow studied by confocal laser scanning microscopy, *Aquatic Microbial Ecology* 21:85–95.

Pachepsky, Rawls, 2004 – Pachepsky Ya., Rawls W.Y. (2004). Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology. Elsevier: Amsterdam, 542 p.

Poulsen et al., 2003 – Poulsen N., Sumper M., Kröger N. (2003). Biosilica formation in diatoms: characterization of native silaffin-2 and its role in silica morphogenesis, *Proc Natl Acad Sci USA* 100(21):12075–12080, doi: 10.1073/pnas.2035131100

Poulsen & Kröger, 2004 – Poulsen N., Kröger N. (2004). Silica morphogenesis by alternative processing of silaffins in the diatom *Thalassiosira pseudonana*, *The Journal of Biological Chemistry* 279:42993–42999, doi:10.1074/jbc.M4077344200

Rawle, 2017 – Rawle A. Basic principles of particle size analysis. Malvern Instruments Technical Paper MRK034. www.malvern.co.uk

Scheffel et al., 2011 – Scheffel A., Poulsen N., Shian S., Kröger N. (2011). Nanopatterned protein microrings from a diatom that direct silica morphogenesis, *Proc Natl Acad Sci USA* 108(8):3175–3180, doi: 10.1073/pnas.1012842108

Schnell, 1975 – Schnell R.C. (1975). Ice nuclei produced by laboratory cultured marine phytoplankton, *Geophysical Research Letter* 2(11):500–502, doi: 10.1029/GL002i011p00500

Segal et al., 2009 – Segal E., Shouse P.J., Bradford S.A., Skaggs T.Y. and Corwin D.L. (2009). Measuring particle size distribution using laser diffraction: Implications for predicting soil hydraulic properties, *Soil Science* 174(12):639–645.

Shein et al., 2016 – Shein E.V., Kharitonova G.V., Milanovsky E.Yu. (2016). Aggregation of natural disperse formations: value of organic matter, soluble salts and diatoms, *Biogeosystem Technique* 7(1):77–86, doi: 10.13187/bgt.2016.7.77

Vannote et al., 1980 – Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Gushing C.E. (1980). The river continuum concept, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130–137.

Wolform, 2011 – Wolform R.L. (2011). The language of particle size, *J. GXP Compliance* 15(2): 10–20.

Zimmermann–Timm, 2002 – Zimmermann–Timm H. (2002). Characteristics, dynamics and importance of aggregates in rivers (An Invited Review), *Internat. Rev. Hydrobiol.* 87(2–3):197–240.

## Состав кернов льда Среднего Амура после катастрофического наводнения 2013 года

Галина Владимировна Харитоновна <sup>a,\*</sup>, Владимир Ильич Ким <sup>a</sup>,  
Ангелина Степановна Стенина <sup>b</sup>, Владимир Павлович Шестеркин <sup>a</sup>,  
Наталья Сергеевна Коновалова <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Институт Водных и Экологических Проблем, Дальневосточное отделение РАН, Хабаровск, Российская Федерация

<sup>b</sup> Институт биологии, Коми Научный Центр Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Российская Федерация

<sup>c</sup> Институт Тектоники и Геофизики им. Ю.А. Косыгина, Дальневосточное отделение РАН, Хабаровск, Российская Федерация

**Аннотация.** Содержание и состав ледовых включений – важная характеристика перераспределения вещества в речных экосистемах, которая позволяет учитывать транспорт взвешенного материала во время весеннего ледохода. В работе представлены данные по составу льда Среднего Амура (Хабаровский водный узел) после экстремального наводнения 2013 г., его терригенных, хемогенных (образуемых за счет химических процессов) и биогенных (диатомовые водоросли) составляющих. Важность работы заключается в том, что влияние на речные экосистемы катастрофических наводнений, таких как паводок 2013 г. на р. Амур, в связи с их уникальностью изучено крайне недостаточно. Анализ показал, что содержание терригенного материала и его варьирование в ледовой толще не превышает среднемноголетних значений. Характер распределения частиц в ледовой толще по их объему и числу соответствует таковому для речных взвесей, наилок и донных отложений рассматриваемого участка реки. Состав диагностированных хемогенных включений (новообразования кальцита  $\text{CaCO}_3$  и пирита  $\text{FeS}_2$ ) и их проявление в том или ином слое зависит от химического состава воды в период ледостава и от окислительно-восстановительных условий в слое. Наибольшее влияние паводок оказал на биогенные включения (диатомовые водоросли). Была зафиксирована смена ведущих видов – один из основных показателей нарушения структурно-функциональной упорядоченности гидробионтов. Изменение состава ведущих видов (одновидовой популяции *Aulacoseira islandica* на *Stephanodiscus hantzschii*, класс Coscinodiscophyceae, семейство *Stephanodiscaceae*, род *Stephanodiscus*) связано с поступлением эвтрофирующих веществ и поллютантов из самого крупного притока Амура р. Сунгари в результате затопления сельскохозяйственных земель и селитебных территорий.

**Ключевые слова:** лед, ледовые включения терригенные, хемогенные и биогенные, река Амур, катастрофические паводки, Россия.

\* Корреспондирующий автор

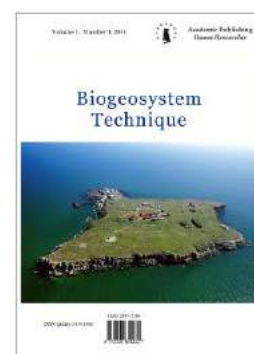
Адреса электронной почты: [gkharitonova@mail.ru](mailto:gkharitonova@mail.ru) (Г.В. Харитоновна)

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 207-219

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.207  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## Peculiarities of Soils on the Sand Bar of the Evpatoria Group of Lakes

Fedor N. Lisetskii <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> Belgorod State National Research University, Russian Federation

### Abstract

Ecosystems on the accumulative forms of relief occupy only 9 % of the total length of the coastal line of the Crimean Peninsula and they have become particularly vulnerable in the coastal areas, which are highly in demand for recreational purposes. The study had a goal – to study the morphological structure and physicochemical properties of uneven-aged soils, which are formed on the accumulative forms of the coasts of the North-Western Crimea. Estimation of the time of stabilization of undisturbed sections of transplanted vegetation under the conditions of continuous formation of soil-vegetation cover was made according to the average values of the thickness of the humus horizon of soils. Due to the low productivity of vegetation, which can be fixed on sands, the average rates of formation of the humus horizon of soils of the Crimean coasts are low and vary from 0.54 to 1.55 mm/year, depending on the duration of pedogenesis. The study of the soil and plant covers on seven a narrow sand bar of the Evpatoria group of lakes showed a low morphological maturity of the formed soils (with age that is rarely more than a century) and its difference from the more differentiated functional maturity, which is due to the different content of carbonates. A relationship was established between the thickness of the humus horizon of the soils and the functional maturity (13 macro- and microelements accumulated as a result of pedogenesis) for soils with a calcium oxide content of not more than 18 %. The list of the most informative geochemical coefficients that generalize all scenarios of soil formation during renaturation of sands on the accumulative forms of the Black Sea coast was proposed. It is shown that the differences between the morphological and functional maturity of soils on sands are due to the inclusion of soil masses from the preceding stages of pedogenesis into modern profiles in conditions of high dynamism of pedolithogenesis, primarily due to active eolian processes in the coastal zone.

**Keywords:** Evpatoria Lakes, soils of sand bar, age different soils, soil geochemistry.

### 1. Введение

Актуальность исследования обусловлена высокой востребованностью в рекреационных целях приморских ландшафтов Крыма при большой динамичности протекающих здесь природных процессов и невысоким потенциалом почвенно-растительного покрова в закреплении песков на пересыпях. Это определяет необходимость изучения редко где сохранившихся (из-за рекреационных нагрузок) участков пересыпей с устойчивым формированием почв на аккумулятивных формах морских берегов.

В Северном Причерноморье для контактной зоны суша-море (оси парагенезиса) характерно формирование лиманно-морского сектора, включающего пересыпь и отмели (как в сторону лимана, так и моря) ([Лиманно-устьевые комплексы..., 1988](#)). Формирование

\* Corresponding author

E-mail addresses: [liset@bsu.edu.ru](mailto:liset@bsu.edu.ru) (F.N. Lisetskii)

лиманов было связано с затоплением низовий долин (ранее переуглубленных) водами новоэвксинской и голоценовой (этапы бугазский, витязевский, каламитский, джеметинский, мия) трансгрессий. А со временем лиманы отделились от моря пересыпями. В общей протяженности береговой линии Крымского полуострова 1333 км на долю аккумулятивного пляжевого типа приходится 124,5 км, в том числе в Западном Крыму – 68 км, что составляет 19,1 % всей длины берегов в этой части Крыма (Игнатов и др., 2015). Разнообразие крымских пересыпей способствует разработке их генетической классификации, так как здесь можно наблюдать все стадии генезиса, начиная от подводных валов, баров, кос и узких, низких и плоских пересыпей, через которые еще время от времени перекатываются морские волны, кончая широкими, высокими, плотными, уже окончательно сформировавшимися пересыпями (Дзенс-Литовский, 1938).

На юго-восток и на юго-запад от Евпатории, в пределах Альминской ветви Причерноморской тектонической впадины, берега сложены рыхлыми породами, а прибрежные пространства понижены, что во многом определило формирование лагун и лиманов (Орлова, 2010). В Северо-Западном Крыму примечательна Евпаторийская группа озер (лиманов), которая насчитывает 14 узких морских заливов или устьевых зон балок. Прибрежные озера, в отдельных случаях называемые лиманами, по большей части относятся к лагунам, так как их котловины сформированы за счет изменения уровня моря в голоцене (Cordova, 2016). При выравнивании берегов лагуны отчленились от моря аккумулятивными формами – косами и пересыпями.

Дно Евпаторийских озер покрыто толщей донных отложений (до 12 м), представленных в верхнем слое черными илистыми отложениями. Концентрация солей в воде озер достигает летом 100–200 ‰ (Понизовский, 1965). После анализа имеющихся на настоящий момент данных, считается (Смекалова, Кутайсов, 2017), что озера Донузлав, Ойбурское, Биюк-Мойнакское, Кизыл-Яр были сформированы уже в античную эпоху. Эти озера, давно обособленные от моря, из-за высокой минерализации воды длительное время представляли собой объекты соляных промыслов.

Анализируя особенности морфологии и динамики берега от м. Лукулл до м. Евпаторийский, В.П. Зенкович (1958) отмечает, что отмершие клифы между озерами Сасык, Сакское и Кизыл-Яр свидетельствуют о том, что со временем по мере накопления наносов пляжи становились все шире, пересыпь стала единой и берег выдвинулся на 2 км в море. На длинных и относительно узких пересыпях (береговых барах), сложенных песчано-гравийными (с включением ракуши) отложениями, выделяют (Выхованец, 2003) следующие три основных элемента ландшафта («зоны»): лиманная (со стороны лимана, лагуны, залива и др.); эоловая; морская (пляж и мористый склон авандюны).

Пересыпи озер Евпаторийской группы, как аккумулятивные формы рельефа, так и сформированные на них почвы, представляют собой тела разного возраста. Колебания уровня Черного моря из-за его ограниченной связи с Мировым океаном четко выражены даже в том случае, если имеют небольшую амплитуду, и они оказывали существенное влияние на развитие человеческого общества в прибрежных зонах (Янко-Хомбах и др., 2011). В новом своде античных памятников Северо-Западного Крыма (Смекалова, Кутайсов, 2017) можно найти свидетельства как существования некоторых современных пересыпей, так и их отсутствия в античное время. Так, во время появления древних греков у мыса Тарханкут во второй половине IV в. до н. э. озеро Лиман (ранее – Сарыгёл) (у с. Оленевка) представляло собой глубокий залив (Смекалова, Кутайсов, 2017: 313), а античный маяк ныне располагается на глубине около 3 м (Смекалова, Кутайсов, 2017: 319) и, таким образом, современная пересыпь длиной 2 км и шириной 130 м сформировалась, как минимум после 270 г. до н. э. Примеры другого рода: на пересыпи Сакского озера расположено святилище, которое как стационарный памятник датировано концом I в. до н. э. или второй четвертью I в. н. э. (Смекалова, Кутайсов, 2017, с. 417), а у корня пересыпи оз. Джарылгач расположено античное поселение Межводное (Ярылгач) (325–270 гг. до н. э.) (Смекалова, Кутайсов, 2017: 277). Для Сакского озера кровля морских отложений имеет дату 5610–5340 календарных лет назад (Субетто и др., 2007). Значит, к тому времени уже начала образовываться пересыпь, а полное обособление Сакского озера произошло около 5200 лет назад. Позже (4700 лет назад) сформировалась пересыпь озера Джарылгач (Субетто и др., 2007).

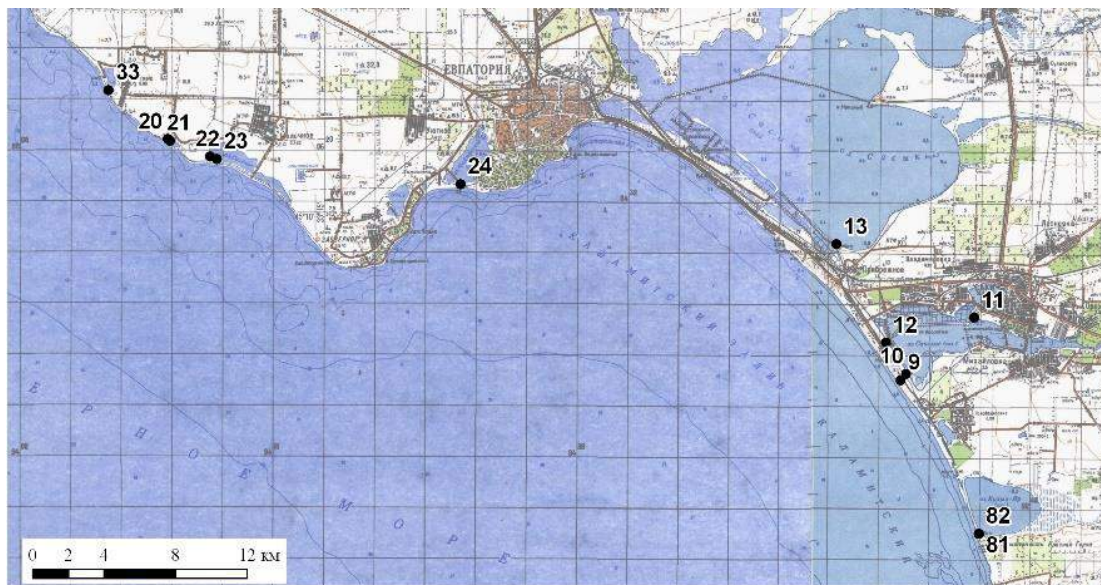
Если современная контактная зона суша-море в сезонной и погодичной динамике характеризуется высокой динамичностью процессов, то береговые геосистемы на протяжении голоценовой истории претерпели качественно различные этапы эволюции с учетом синхронности-асинхронности уровневого режима черноморского бассейна, климатических изменений, сейсмичности и т.п. Анализ варвохронологического ряда по Сакскому озеру показал, что в процессе илонакопления могут быть выделены пять самобытных палеопериодов: 2230–1700 гг. до н. э., 1700–300 гг. до н. э., 300 г. до н. э. – 600 г. н. э., 600–1600 гг. н. э., 1600–1900 гг. н. э., которые получили гидрологическую и палеогеографическую интерпретации (Lisetskii, Pichura, 2016, Lisetskii et al., 2016a). Исследования побережья Керченского полуострова (Поротов, Зинько, 2017) показали, что в ходе последней трансгрессивной фазы, охватывающей последние 1,5 тыс. лет, подъем уровня моря составил около 3,5–4 м, а современная Камыш-Бурунская коса образована наиболее молодой генерацией береговых валов.

Ранее (Выхованец, 2003) отмечалось, что одним из важнейших отличий «ландшафта» на аккумулятивных формах береговой зоны континентальных ландшафтных систем является отсутствие «зеркала ландшафта» – почвы. И только с увеличением ширины и высоты удлиненных песчаных форм могут создаваться условия, благоприятные для почвообразования.

Цель исследования состояла в изучении свойств почв, формируемых на аккумулятивных формах морских берегов Северо-Западного Крыма, в зависимости от возраста почвообразования.

## 2. Объекты и методы

Из 14 озер Евпаторийской группы исследованы пересыпи семи озер (Рис. 1). Комплекс полевых исследований включал почвенно-генетические исследования и описание растительного покрова (оценка общего проективного покрытия, видового разнообразия растений, включая определение участия злаков как наиболее ценных видов для закрепления песков и эффективного почвообразования).



**Рис. 1.** Объекты исследования – почвы на пересыпях Евпаторийской группы озер (номера объектов соответствуют их описанию в Табл. 1)

Окраска сухой почвы установлена по атласу цветов Манселла (Munsell Soil Color Charts). Углерод органического вещества и pH водный определены стандартными методами, подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина (ГОСТ 26205–91). Концентрацию макро- и микроэлементов в почвах (TiO<sub>2</sub>, V, Cr, MnO, Fe(общ.), Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Pb, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, Rb, Ba, Zr, Na, As) определяли на рентгеновском спектрометре “Спектроскан Макс–GV” в порошковых пробах по методике измерений

массовой доли химических элементов. По этим данным рассчитаны величины геохимических соотношений и коэффициентов, из которых были отобраны (по величине коэффициента вариации) наиболее информативные. Коэффициент элювиирования (Кэ) рассчитан по формуле, состав оксидов для которой представлен в работе (Liu et al., 2009). Оценка качества почв по содержанию в них необходимых для растений макро-, микроэлементов и полезных элементов выполнена по предложенному перечню (Битюцкий, 2011) с помощью формулы среднего геометрического:

$$SQ_i = (B_1 \cdot B_2 \cdot \dots \cdot B_{10})^{1/10}$$

где  $B_1 \dots B_{10}$  – (K, Mg, Ca); (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn); (Si, Al).

Биогеохимическое сходство объектов определяли путем интерпретации результатов кластерного анализа (метод Уорда, Евклидова дистанция, значения нормированы по среднеквадратическому отклонению). Оценка времени современной стабилизации пересыпей, отражаемой непрерывным формированием почвенно-растительного покрова, выполнена по статистическим выборкам замера мощности гумусового горизонта почв, используя расчет их возраста с помощью почвенно-хронологического метода (Лисецкий и др., 2016). При этом средние величины мощности гумусового горизонта были приведены к стандартной объемной массе – 1,2 г/см<sup>3</sup> и введена поправка на гранулометрический состав (K): так как все почвы по гранулометрическому составу – супесчаные, то K=1,35 (Lisetskii, Chepelev, 2014).

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

В береговой зоне по сравнению с тем, что наблюдается в аэральных (континентальных) условиях, существенно отличаются рельеф и поверхностные отложения (наносы), местоположение между морем и приморским озером (заливом, бухтой), влияние штормовых волн, ветровых и приливных колебаний уровня, постоянные вертикальные и горизонтальные экзогенные деформации рельефа и состава наносов, активная фильтрация приповерхностных вод, осязаемое влияние брызг соленой воды во время штормов (Выхованец, 2003). С увеличением ширины и высоты удлинённых песчаных форм и достижением крупных размеров, по мере снижения влияния гидрогенных воздействий с фронтальной и тыльной сторон и увеличения воздействия континентальных факторов и процессов, в пределах «широких» форм могут создаваться условия, благоприятные для почвообразования (Vestergaard, 1991).

В данном случае при определенных различиях в ширине пересыпей (от 50 до 1500 м) они имеют близкие абсолютные высоты поверхности – до 2 м. Наличие условий для непрерывного почвообразования диагностируется по степени зрелости растительного покрова (большей величине проективного покрытия, по увеличению видового разнообразия растительности и доли злаков в ее составе). Почвы на пересыпях представлены не повсеместно. Естественно, почвенно-растительный покров отсутствует в пляжевой зоне, регулярно используемой в рекреационных целях, но на это есть и природные предпосылки, например, действие эоловых процессов. На исследованных нами пересыпях (Табл. 1) в наибольшей степени поверхность была задернована травянистой растительностью, зачастую с участием древесной (преимущественно из лоха серебристого), в лиманной ландшафтной зоне. По своему морфологическому строению почвы на пересыпях озер могут быть отнесены к отделу слаборазвитых почв, но как синлитогенного ствола, так и постлитогенного ствола (Классификация..., 2004). То есть поверхностный органо-аккумулятивный горизонт слаборазвитых почв может содержать примесь привнесенного, не ассимилированного почвообразованием минерального материала (тогда, при частой слоистости в профиле можно говорить о педолитоседиментах), так и не отражать в морфологическом строении свидетельств таких этапов развития. Для примера приведем описание профиля № 8/2 в приозерной части Кизыл-Ярской пересыпи: гор. АС, органо-аккумулятивный со средней мощностью около 10,5 см с песчаным прослоем в 1,5 см у нижней границы, ниже которого находится погребенная почва мощностью 4 см. Гор. С – крупнозернистый рыжеватый песок с включением гальки, а с 52 см выявляется устойчивый уровень грунтовых вод (за счет подпитки из оз. Кизыл-Яр).

Исследование почвообразовательного потенциала искусственных лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи (Лисецкий, 2008) показало, что

в первые 45 лет почвообразования средняя скорость формирования гумусового горизонта под сосной обыкновенной и крымской составляет 4–5 мм/год, а в последующие годы этот процесс замедляется. Аналогичная закономерность установлена и для процесса гумусонакопления под лесостепными и степными борами. Для почв крымских пересыпей (при возрасте почв 30–120 лет) средние скорости формирования гумусового горизонта меньше –  $1,55 \pm 0,26$  мм/год, а к 300 годам они еще больше снижаются – до 0,54 мм/год, что объясняется низкой продуктивностью произрастающей на песках растительности. Сходные оценки других авторов (Гаель, Гумилев, 1966) получены при расчете скорости формирования гумусового горизонта дерново-степных почв на песках для возраста 350 лет – 0,64 мм/год.

В первое столетие запас органического углерода (Сорг.) в гумусовом горизонте почв пересыпей достигает около 16 т/га. Почвы с наибольшим содержанием Сорг. (№ 12, 10, 22) объединяет то, что это ненарушенные участки пересыпей Сакского и Соленого озер с высоким проективным покрытием, хотя и обедненными по составу растительными ассоциациями (см. Таблица 1). Средняя годовая скорость накопления запасов углерода органического вещества в почвах на пересыпях в 12–25 раз меньше, чем, например, за то же время при произрастании лесополос на черноземах европейской России (Чендев и др., 2015). В повышении плодородия и биопродуктивности песчаных почв большую роль играет содержание тонкодисперсных частиц, о чем свидетельствуют результаты экспериментов по использованию коллоидных адсорбентов при окультуривании песчаных почв Нижнего Приднепровья (Демидиенко и др., 1986). Более низкое содержание гумусовых веществ в песчаном субстрате по сравнению с суглинистым связано с ограниченными возможностями образования прочных органоминеральных соединений с высокодисперсными компонентами, которые труднодоступны для микроорганизмов. Поэтому песчаный субстрат обладает слабыми протекторными свойствами по отношению к новообразованным гумусовым веществам, что способствует их дальнейшей минерализации (Мальцева и др., 2013).

**Таблица 1.** Характеристика объектов исследования на аккумулятивных формах Евпаторийской группы озер

Номер объекта (см. Рис. 1)	Наименование озера	Ширина пересыпи, км	Н <sup>а</sup> , м	Растительная ассоциация <sup>б</sup>	ОПП <sup>с</sup> , %	Количество видов растений на 1 кв. м	Доля злаков, %
33	Аирчинское	0,17	1	З–О	30	8	25
332	Аирчинское	0,17	1	З	80	10	70
20	Галгасское	0,07	1	Р–З	90	8	38
21	Галгасское	0,07	0	Р–З	60	11	27
22	Соленое (Тереклы)	0,14	1	Р	70	8	25
23	Соленое (Тереклы)	0,08	1	Р–З	90	5	60
24	Мойнакское	0,16	1	З	95	6	33
13	Сасык-Сиваш	1,50	–1	Р	80	10	30
11	Сакское	0,025	0	С	90	8	38
12	Сакское	0,63	1	Р–З	100	5	20
10	Сакское	0,55	–1	Р–К	80	7	29
9	Сакское	0,55	–1	З	70	4	50
8/1	Кизыл-Яр	0,05	1	Р–З	35	3	67
8/2	Кизыл-Яр	0,05	1	Р–З	100	5	40

<sup>а</sup> Абсолютные высоты; <sup>б</sup> Р–З – разнотравно-злаковая; З – злаковая; З–О – злаково-осоковая; Р – разнотравная; Р–К – разнотравно-ковыльная; С – сорная; <sup>с</sup> ОПП – общее проективное покрытие растительностью.

По мере увеличения мощности гумусового горизонта (от 70 до 150 мм) окраска почв становится обычно темнее (она меняется от слабо-коричневой (10YR 6/3) до коричневой и серовато-коричневой (10YR 5/3(5/2)) (Табл. 2). Реакция почвенного раствора у почв сильнощелочная, что в определенной степени влияет на возможности закрепления песков на пересыпях теми видами растений, которые адаптированы к этим условиям. Ясные признаки засоления в структурном состоянии почв отмечаются для почв на пересыпях озер: Мойнакского, Аирчинского, Тереклы, а также на дамбе Сакского озера, с юга замыкающей пруд «Ковш» (№ 11).

Такие факторы как генезис и свойства материнских пород, скорость геологического выветривания, гидротермический режим, биотические воздействия, а также индивидуальное соотношение педогенеза, седиментогенеза и литогенеза обуславливают состояние дисперсной системы почвы (Kalinitchenko, 2016). Учитывая особенности пробоподготовки почвенных образцов (ситовой отбор мелкозема (частиц <1 мм), измельчение рабочего образца до состояния пудры), кристаллы кварца и обломки раковин моллюсков (детрит) на результаты валового состава не оказывали определяющего влияния. Поэтому химический состав тонких фракций можно рассматривать как результат педогенеза, а в отдельных ситуациях, и как дополняющее влияние илов, которые из-за небольших высот поверхности пересыпей могли быть привнесены водными массами.

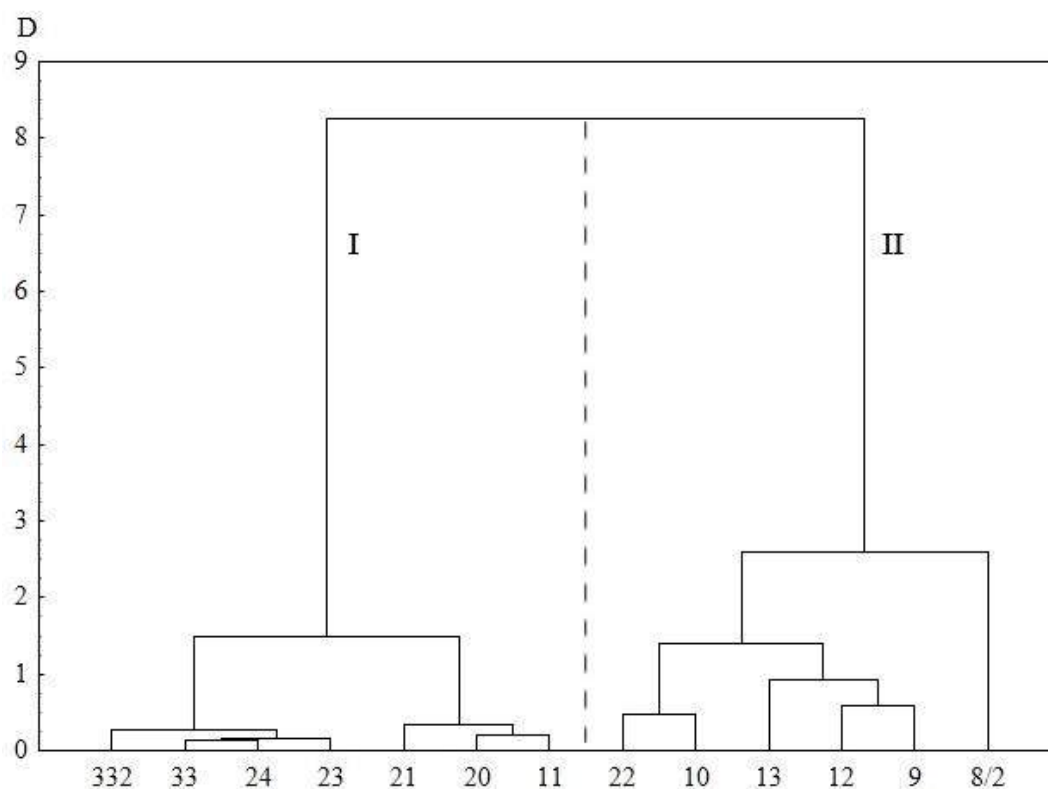
**Таблица 2.** Физико-химические свойства почв на пересыпях озер Евпаторийского района

№ объекта (см. Рис. 1)	Мощность гумусового горизонта, мм	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Цвет почвы (по Манселлу)	рН (Н <sub>2</sub> О)	Сорг.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
					%			мг/кг	
8/2	106±0,8	1,31	10YR 5/3	9,00	0,75	0,17	0,59	14,88	718,18
9	107±1,3	1,21	10YR 5/3	9,10	1,87	0,20	0,73	8,70	147,01
10	105±0,5	1,36	10YR 5/2	8,90	3,24	0,27	1,05	13,28	260,28
11	70±0,5	1,26	10YR 6/3	8,75	0,33	0,16	0,63	10,76	154,24
12	127±1,9	1,18	10YR 4/2	9,00	4,52	0,34	0,80	18,78	183,16
13	124±1,2	1,17	7.5YR 5/2	9,05	2,29	0,39	1,37	43,97	149,42
20	122±0,9	1,18	10YR 5/3	8,95	1,17	0,29	0,95	21,53	219,31
21	145±3,2	1,37	10YR 5/3	9,20	1,53	0,31	1,73	32,98	404,88
22	108±1,0	1,17	10YR 4/2	9,10	2,79	0,28	1,97	13,97	621,78
23	76±0,6*	1,27	10YR 5/3	9,45	1,23	0,40	0,43	28,17	171,11
24	107±0,6	1,41	10YR 6/3	9,15	0,89	0,26	0,25	13,05	159,06
332	118±0,5	1,20	10YR 6/3	8,38	0,71	0,23	0,29	8,57	146,00

\* Мощность занижена из-за сильной антропогенного прессинга на почвенно-растительный покров (зона интенсивной рекреации).

Геохимические особенности наиболее широко распространенных материнских пород в Северо-Западном Крыму – лессовидных суглинков и элювия карбонатных пород рассмотрены ранее (Lisetskii et al., 2015). Результаты кластерного анализа (Рис. 2) по определявшимся химическим элементам и оксидам (TiO<sub>2</sub>, V, Cr, MnO, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Pb, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, Rb, Ba, Zr, Na, As) показали, что супесчаные почвы группируются по своим геохимическим особенностям в два больших кластера (типа) – I и II. Особняком стоит полигенетичная почва на узкой песчаной пересыпи Кизыл-Ярского лимана – № 8/2 (описание этой самобытной почвы приведено выше).





**Рис. 2.** Дендрограмма кластерного анализа почв по 22 химическим элементам и оксидам. D – расстояние объединения. Пояснения в тексте.

Из широкого перечня использованных геохимических показателей (Lisetskii et al., 2016 b) наиболее информативными в оценке степени онтогенетической зрелости почвенной системы оказались 12 коэффициентов (Табл. 3). Коэффициенты 1–11 показаны в ранжированном ряду по степени из различий в двух кластерах (без учета № 8/2) согласно Рис. 2.

**Таблица 3.** Величины наиболее информативных геохимических коэффициентов, характеризующих кластеры почвенных объектов

№№ п/п	Геохимические коэффициенты	I кластер	II кластер	№ 8/2
1	Kэ	0,38	1,82	1,97
2	$\prod_1^n (P, K, Mg, Mn, Cu)^{1/n}$	0,63	2,90	0,24
3	Ti/Ca	0,01	0,03	0,02
4	(Fe+Al)/(Ca+Na+Mg)	0,13	0,41	0,25
5	Ba/Sr	0,21	0,59	1,22
6	Al/(Ca+Na+K+Mg)	0,11	0,30	0,21
7	Ca/Zr	0,88	0,20	0,49
8	Ca/Ti	174,34	44,32	64,67
9	(Ca+Mg)/Al	12,37	3,31	4,34
19	(Ca+Mg+10*P)/Ti	201,91	55,67	75,59
11	(K+Na+Ca+Mg)/Al	13,37	3,75	4,78
12	SQi	4,06	6,17	4,34

Примечание. I кластер (№№ объектов 33, 332, 24, 23, 21, 20, 11), II кластер (№№ объектов 22, 10, 13, 12, 9).

При среднем значении CaO по всем объектам – 29,14 % различия по карбонатности между двумя группами объектов значительны: 39,08 и 17,40 % в кластерах I и II соответственно. Это во многом определяет геохимические различия этих почвенных групп с учетом того, что между содержанием CaCO<sub>3</sub> и CaO нами установлена эмпирическая зависимость:  $CaCO_3 = 1,376 \cdot CaO + 4,858$ .

Сопоставление серии геохимических коэффициентов, включающих содержание кальция, либо его сумму с Mg, Na, K (№ 7–11), в отношении более стабильных компонентов почвенной системы, показывает превышение величин этих коэффициентов в I–м кластере по отношению ко II–му в 3,6–4,4 раза. Напротив, серия геохимических коэффициентов, отражающих педогенетическое преобразование исходного субстрата (№ 1–6), демонстрирует превышение величин во II–м кластере по отношению к I–му в 2,8–4,8 раза. Таким образом, на пересыпях наиболее существенные различия двух выявленных генетических групп супесчаных почв, обусловлены, прежде всего, их карбонатностью. Это отражается и в комплексе педогенетической трансформации исходного субстрата (в физико-химических и биогеохимических аспектах).

Ранее (Маринина и др., 2014) было показано, что различия функциональной зрелости почв на пересыпях хорошо диагностирует сумма тех химических элементов, которые обычно накапливаются в почвах (P, K, Mg, Mn, Cu). В данном исследовании спектр диагностических элементов был значительно расширен. Ранжированный убывающий ряд накапливаемых макро– и микроэлементов в изученных почвах имеет следующий вид: Rb, Pb, Cu (>2) > P, Si (>1,5) > Fe > Zn > K > V > Ba > Co > Ni > Ti (>1,0). Для всего массива исследованных объектов зависимость между среднегеометрическим значением качества почв по 13 аккумуляруемым в результате педогенеза элементам (B<sub>13</sub>) и приведенной мощностью гумусового горизонта может быть аппроксимирована функцией экспоненциального вида, но из-за невысокого значения тесноты связи ( $r=0,45$ ) рассматривается лишь как тренд. Ранее представленные результаты кластерного анализа (Рис. 2) позволяют рассмотреть связь между функциональной и морфологической зрелостью почв дифференцировано (по двум обоснованным группам почв). И, если для I–го кластера (с наиболее карбонатными почвами) связь не обнаруживается, то для объектов, которые сформировали II кластер с наименее карбонатными почвами, установлена высокая степень зависимости между функциональной и морфологической зрелостью новообразованных почв:

$$B_{13} = 2,043e^{0,01H}, \quad r = 0,86.$$

Исключением стала пограничная между кластерами почва № 22 (на искусственной перемычке бывшего соляного промысла оз. Соленое), которая самобытна в геохимическом отношении, так как отличается от остальных почв II–го кластера более высоким содержанием кальция (в 2,4 раза), стронция (в 2 раза), а также Na и Mg. Кроме того, эта почва при сравнении с другими почвами имеет максимальное содержание валового K<sub>2</sub>O и одно из наибольших значений в содержании обменного калия. Данные по почве № 22 в уравнение не вошли.

Таким образом, после закрепления песков (с различным участием глинистых частиц) почвообразовательный процесс в основном определяется содержанием карбонатов при заметном влиянии магния, натрия, привносимых из-за приморского положения пересыпей, а также элементов, преимущественно связанных с корневым отпадом растений, закрепляющих пески.

Существенное превышение (в 1,5 раза) качества почв для объектов, входящих во II–й кластер, по сравнению с наиболее карбонатными почвами, выявлено при оценке качества почв по содержанию в почвах необходимых для растений макро–, микроэлементов и полезных элементов (SQi). Причем связь величины SQi с возрастом почвы устанавливается только для объектов, которые формируют II–й кластер. Таким образом, с фактором времени наиболее тесно сопряжено изменение качественного состояния почв при относительно невысокой их карбонатности, верхняя граница которой в данном исследовании выявлена на уровне 17–18 % CaO.

Использование педохронологического метода датирования дневных почв (Лисецкий и др., 2016) показало, что возраст современных дневных почв на пересыпях может быть оценен в диапазоне от 30 до 300 лет. Так как в условиях рецентного (раннегенеративного) почвообразования диапазон мощности гумусового горизонта находится в довольно узких

пределах (от 70 до 140 мм), а функционально почвы существенно различаются, то можно предположить ведущую роль синлитогенного почвообразования, обусловленного постоянным действием эолового фактора. Это подтверждают практически нулевые величины рангового коэффициента корреляции между мощностью гумусового горизонта, как с показателем качества почв  $B_{13}$ , так и с  $SQ_i$ . И это при том, что, обладая определенными различиями состава включенных элементов в их расчет геохимических параметров, величина рангового коэффициента корреляции составляет между показателями  $B_{13}$  и  $SQ$  0,95. По средним рангам показателей  $B_{13}$  и  $SQ_i$  объекты располагаются в следующий убывающий ряд:  $22 > 13 > 21 > 10 > 12 > 20 > 9 > 8/2, 11 > 23 > 33 > 24 > 332$ .

По мощности новообразованной почвы можно судить о времени последнего этапа стабилизации поверхности песков, когда стал формироваться устойчивый почвенно-растительный покров. Но свойства дневных почв могут частично унаследовать результаты предшествующих этапов педогенеза, трансформированных эоловыми процессами, и потому способны отражать более продолжительное время педолитогенеза на аккумулятивных формах рельефа.

#### 4. Заключение

В разновозрастных почвах пересыпей Евпаторийской группы озер установлен ансамбль аккумулируемых макро- и микроэлементов: Rb, Pb, Cu, P, Si, Fe, Zn, K, V, Ba, Co, Ni, Ti. Между морфологической и функциональной зрелостью слаборазвитых почв обнаруживается зависимость лишь для тех объектов, которые содержат не более 18 % оксидов кальция. В частности, для таких почв выявлена связь возраста почв и показателя, отражающего содержание необходимых для растений макро- микроэлементов и полезных элементов согласно рассмотренному перечню. Различия между морфологической и функциональной зрелостью почв на песках можно объяснить динамичностью педолитогенеза с сохранением унаследованных результатов предшествующих этапов педогенеза, трансформированных эоловыми процессами.

#### 5. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта № 5.4711.2017/6.7 в рамках Госзадания НИУ "БелГУ" на 2017–2019 гг.

#### Литература

- Битюцкий, 2011 – Битюцкий Н.П. (2011). Микроэлементы высших растений. СПб: Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 368 с.
- Выхованец, 2003 – Выхованец Г.В. (2003). Эоловый процесс на морском берегу: Монография. Одесса: Астропринт, 368 с.
- Гаель, Гумилев, 1966 – Гаель А.Г., Гумилев Л.Н. (1966). Разновозрастные почвы на степных песках Дона и передвижение народов за исторический период // *Изв. АН СССР. Сер. геогр.*, № 1, С. 11–20.
- Демидиенко и др., 1986 – Демидиенко А.Я., Ивашина А.Д., Павленко Е.Ф., Голобородько С.П., Иличко Н.В. (1986). Роль коллоидных органо-минеральных адсорбентов в повышении биопродуктивности и плодородия песчаных массивов Нижнего Приднепровья // *Плодородие мелиорируемых земель УССР и пути его повышения*. С. 112–118.
- Дзенс-Литовский, 1938 – Дзенс-Литовский А.И. (1938). Пересыпи и косы Крымских соляных озер // *Природа*, № 6, С. 585–595.
- Зенкович, 1958 – Зенкович В.П. (1958). Берега Чёрного и Азовского морей. М.: Гос. изд-во геогр. лит., 376 с.
- Игнатов, 2015 – Игнатов Е.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. (2015). Типизация берегов Крыма // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*, № 1, С. 20–28.
- Классификация..., 2004 – Классификация и диагностика почв России (2004). Смоленск: Ойкумена, 342 с.
- Лиманно-устьевые комплексы..., 1988 – Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья: географические основы хозяйственного освоения (1988). Л.: Наука, 304 с.

[Лисецкий и др., 2016](#) – Лисецкий Ф.Н., Столба В.Ф., Голушов П.В. (2016). Моделирование развития черноземов в зоне степи и разработка метода почвенно-генетической хронологии // *Почвоведение*, № 8, С. 918–931. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16080050>

[Лисецкий, 2008](#) – Лисецкий Ф.Н. (2008). Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, № 4, С. 13–20.

[Мальцева и др., 2013](#) – Мальцева А.Н., Золотарева Б.Н., Пинский Д.Л. (2013). Трансформация растительных остатков кукурузы в суглинистом и песчаном субстратах // *Почвоведение*, № 10, С. 1239–1252.

[Маринина и др., 2014](#) – Маринина О.А., Семенюк А.П., Якущенко Д.Г. (2014). Оценка степени стабилизации аккумулятивных форм рельефа в приморской зоне западного Крыма // *Международный научно-исследовательский журнал*, № 3–3 (22), С. 120–121.

[Орлова, 2010](#) – Орлова М.С. (2010). Геоморфологическая оценка рекреационного потенциала побережья Северо-Западного Крыма // *Геоморфология*, № 2, С. 91–102.

[Понизовский, 1965](#) – Понизовский А.М. (1965). Соляные ресурсы Крыма. Симферополь: Крым, 164 с.

[Поротов, Зинько, 2017](#) – Поротов А.В., Зинько А.В. (2017). Развитие побережья Керченского полуострова в античное и средневековое время (по данным геoarхеологических исследований хоры Нимфея и Тиритаки) // *Материалы I Международного экологического форума в Крыму «Крым – эколого-экономический регион. Пространство ноосферного развития» 2017 года* / Ред. В.А. Иванова, Е.И. Игнатова, И.С. Кусова, Н.Н. Миленко, Е.В. Ясеновой, Е.А. Котельянец. Севастополь: Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в Севастополе, С. 218–222.

[Смекалова, Кутайсов, 2017](#) – Смекалова Т.Н., Кутайсов В.А. (2017). Археологический атлас Северо-Западного Крыма. СПб.: Алетейя, 448 с.

[Субетто и др., 2007](#) – Субетто Д.А., Сапелко Т.В., Столба В.Ф. (2007). Исследования палеолимнологов в Крыму // *Природа*, № 12, С. 61–62.

[Чендев и др., 2015](#) – Чендев Ю.Г., Соэр Т.Д., Геннадиев А.Н., Новых Л.Л., Петин А.Н., Петина В.И., Заздравных Е.А., Буррас С.Л. (2015). Накопление органического углерода в черноземах (моллисолях) под полезавитными лесными насаждениями в России и США // *Почвоведение*, № 1, С. 49–60.

[Янко-Хомбах и др., 2011](#) – Янко-Хомбах В.В., Смынтына Е.В., Кадурин С.В., Ларченков Е.П., Мотненко И.В., Какаранза С.В., Киосак Д.В. (2011). Колебания уровня Черного моря и адаптационная стратегия древнего человека за последние 30 тысяч лет // *Геология и полезные ископаемые Мирового Океана*, № 2(24), С. 67–75.

[Cordova, 2016](#) – Cordova C. (2016). *Crimea and the Black Sea: An environmental history*. London; New York: I. B. Tauris. 235 p.

[Kalinitchenko, 2016](#) – Kalinitchenko V.P. (2016). Soil dynamics management // *Biogeosystem Technique*, № 4 (10), С. 284–316.

[Lisetskii et al., 2015](#) – Lisetskii F.N., Stolba V.F., Marinina O.A. (2015). Indicators of agricultural soil genesis under varying conditions of land use // *Geoderma*, Vol. 239-240, pp. 304–316. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.006.

[Lisetskii et al., 2016a](#) – Lisetskii F.N., Matsibora A.V., Pichura V.I. (2016). Reconstruction of paleoclimatic conditions of the second half of the Holocene on the results of the study of buried and floodplain soils in the south of the East European Plain // *International Journal of Environmental Problem*, Vol. 4, Is. 2, pp. 131–148. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.131

[Lisetskii et al., 2016b](#) – Lisetskii F.N., Smekalova T.N., Marinina O.A. (2016). Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone // *Contemporary Problems of Ecology*, Vol. 9, No 3, pp. 366–375. DOI:10.1134/S1995425516030094

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

[Lisetskii, Pichura, 2016](#) – Lisetskii F.N., Pichura V.I. (2016). Paleoecological conditions Antiquity in the Northern Black Sea region (according to the sedimentation in Lake Saki, Crimea) // *European Geographical Studies*, Vol. 11, Is. 3, pp. 83–107. DOI: 10.13187/egs.2016.11.83

Liu et al., 2009 – Liu G., Li L., Wu L., et al. (2009). Determination of soil loss tolerance of an Entisol in Southwest China // *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 73, No 2, pp. 412–417.

Vestergaard, 1991 – Vestergaard P. (1991). Morphology and vegetation of a dune system in SE Denmark in relation to climate change and sea level rise // *Landscape Ecology*, Vol. 6, No 1/2, pp. 77–87.

## References

Bityutskii, 2011 – Bityutskii N.P. (2011). Mikroeleenty vysshikh rastenii. SPb: Izd-vo S.–Peterb. gos. Un-ta, 368 s.

Vykhovanets, 2003 – Vykhovanets G.V. (2003). Eolovyi protsess na morskome beregu: Monografiya. – Odessa: Astroprint, 368 s.

Gael', Gumilev, 1966 – Gael' A.G., Gumilev L.N. (1966). Raznovozrastnye pochvy na stepnykh peskakh Dona i peredvizhenie narodov za istoricheskii period, *Izv. AN SSSR. Ser. geogr.*, № 1. S. 11–20.

Demidienko i dr., 1986 – Demidienko A.Ya., Ivashina A.D., Pavlenko E.F., Goloborod'ko S.P., Ilichko N.V. (1986). Rol' kolloidnykh organo-mineral'nykh adsorbentov v povyshenii bioproduktivnosti i plodorodiya peschanykh massivov Nizhnego Pridneprov'ya, Plodorodie melioriruemyykh zemel' USSR i puti ego povysheniya. S. 112–118.

Dzens-Litovskii, 1938 – Dzens-Litovskii A.I. (1938). Peresyipi i kosy Krymskikh solyanykh ozer, *Priroda*, № 6, S. 585–595.

Zenkovich, 1958 – Zenkovich V.P. (1958). Berega Chernogo i Azovskogo morei. M.: Gos. izd-vo geogr. lit., 376 s.

Ignatov, 2015 – Ignatov E.I., Luk'yanova S.A., Solov'eva G.D. (2015). Tipizatsiya beregov Kryma, *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon moray*, № 1, S. 20–28.

Klassifikatsiya..., 2004 – Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii (2004). Smolensk: Oikumena, 342 s.

Limanno-ust'evye komplekсы..., 1988 – Limanno-ust'evye komplekсы Prichernomor'ya: geograficheskie osnovy khozyaistvennogo osvoeniya (1988). L.: Nauka, 304 s.

Lisetskii i dr., 2016 – Lisetskii F.N., Stolba V.F., Goleusov P.V. (2016). Modelirovanie razvitiya chernozemov v zone stepi i razrabotka metoda pochvenno-geneticheskoi khronologii, *Pochvovedenie*, № 8, S. 918–931. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16080050>

Lisetskii, 2008 – Lisetskii F.N. (2008). Pochvoobrazovatel'nyi potentsial lesnykh nasazhdenii pri oblesenii peskov v usloviyakh lesostepi i stepi, *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal*, № 4, S. 13–20.

Mal'tseva i dr., 2013 – Mal'tseva A.N., Zolotareva B.N., Pinskii D.L. (2013). Transformatsiya rastitel'nykh ostatkov kukuruzy v suglinistom i peschanom substratakh, *Pochvovedenie*, № 10, S. 1239–1252.

Marinina i dr., 2014 – Marinina O.A., Semenyuk A.P., Yakushchenko D.G. (2014). Otsenka stepeni stabilizatsii akkumulyativnykh form rel'efa v primorskoj zone zapadnogo Kryma, *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, № 3–3 (22), S. 120–121.

Orlova, 2010 – Orlova M.S. (2010). Geomorfologicheskaya otsenka rekreatsionnogo potentsiala poberezh'ya Severo-Zapadnogo Kryma, *Geomorfologiya*, № 2, S. 91–102.

Ponizovskii, 1965 – Ponizovskii A.M. (1965). Solyanye resursy Kryma. Simferopol': Krym, 164 s.

Porotov, Zin'ko, 2017 – Porotov A.V., Zin'ko A.V. (2017). Razvitie poberezh'ya Kerchenskogo poluostrova v antichnoe i srednevekovoe vremya (po dannym geoarkheologicheskikh issledovaniy khory Nimfeya i Tiritaki) // Materialy I Mezhdunarodnogo ekologicheskogo foruma v Krymu «Krym – ekologo-ekonomicheskii region. Prostranstvo noosfernogo razvitiya» 2017 goda / Red. V.A. Ivanova, E.I. Ignatova, I.S. Kusova, N.N. Milenko, E.V. Yasenevoi, E.A. Kotel'yanets. Sevastopol': Filial MGU imeni M.V. Lomonosova v Sevastopole, S. 218–222.

Smekalova, Kutaisov, 2017 – Smekalova T.N., Kutaisov V.A. (2017). Arkheologicheskii atlas Severo-Zapadnogo Kryma. SPb.: Aleteiya, 448 s.

Subetto i dr., 2007 – Subetto D.A., Sapelko T.V., Stolba V.F. (2007). Issledovaniya paleolimnologov v Krymu, *Priroda*, № 12, S. 61–62.

Chendev i dr., 2015 – Chendev Yu.G., Soer T.D., Gennadiev A.N., Novykh L.L., Petin A.N., Petina V.I., Zazdravnykh E.A., Burras S.L. (2015). Nakoplenie organicheskogo ugleroda v

chernozemakh (mollisolyakh) pod polezashchitnymi lesnymi nasazhdeniyami v Rossii i SShA, *Pochvovedenie*, № 1, S. 49–60.

[Yanko-Khombakh et al., 2011](#) – Yanko-Khombakh V.V., Smyntyna E.V., Kadurin S.V., Larchenkov E.P., Motnenko I.V., Kakaranza S.V., Kiosak D.V. (2011). Kolebaniya urovnya Chernogo morya i adaptatsionnaya strategiya drevnego cheloveka za poslednie 30 tysyach let, *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo Okeana*, № 2(24), S. 67–75.

[Cordova, 2016](#) – Cordova C. (2016). Crimea and the Black Sea: An environmental history. London; New York: I. B. Tauris. 235 p.

[Kalinitchenko, 2016](#) – Kalinitchenko V.P. (2016). Soil dynamics management, *Biogeosystem Technique*, № 4 (10), C. 284–316.

[Lisetskii et al., 2015](#) – Lisetskii F.N., Stolba V.F., Marinina O.A. (2015). Indicators of agricultural soil genesis under varying conditions of land use, *Geoderma*, Vol. 239-240, pp. 304–316. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.006.

[Lisetskii et al., 2016a](#) – Lisetskii F.N., Matsibora A.V., Pichura V.I. (2016). Reconstruction of paleoclimatic conditions of the second half of the Holocene on the results of the study of buried and floodplain soils in the south of the East European Plain, *International Journal of Environmental Problem*, Vol. 4, Is. 2, pp. 131–148. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.131

[Lisetskii et al., 2016b](#) – Lisetskii F.N., Smekalova T.N., Marinina O.A. (2016). Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone, *Contemporary Problems of Ecology*, Vol. 9, No 3, pp. 366–375. DOI:10.1134/S1995425516030094

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

[Lisetskii, Pichura, 2016](#) – Lisetskii F.N., Pichura V.I. (2016). Paleoecological conditions Antiquity in the Northern Black Sea region (according to the sedimentation in Lake Saki, Crimea), *European Geographical Studies*, Vol. 11, Is. 3, pp. 83–107. DOI: 10.13187/egs.2016.11.83

[Liu et al., 2009](#) – Liu G., Li L., Wu L., et al. (2009). Determination of soil loss tolerance of an Entisol in Southwest China, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 73, No 2, pp. 412–417.

[Vestergaard, 1991](#) – Vestergaard P. (1991). Morphology and vegetation of a dune system in SE Denmark in relation to climate change and sea level rise, *Landscape Ecology*, Vol. 6, No 1/2, pp. 77–87.

## Особенности почв на пересыпях Евпаторийской группы озер

Фёдор Николаевич Лисецкий<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация

**Аннотация.** В приморских зонах Крыма при их высокой востребованности в рекреационных целях особенно уязвимыми стали экосистемы на аккумулятивных формах рельефа, которые занимают лишь 9 % общей протяженности береговой линии полуострова. В исследовании поставлена цель изучить морфологическое строение и физико-химические свойства разновозрастных почв, которые сформированы на аккумулятивных формах морских берегов Северо-Западного Крыма. По средним величинам мощности гумусового горизонта почв выполнена оценка времени стабилизации ненарушенных участков пересыпей в условиях непрерывного формирования почвенно-растительного покрова. Из-за низкой продуктивности растительности, которая может закрепляться на песках, средние скорости формирования гумусового горизонта почв крымских пересыпей невысоки и варьируют от 0,54 до 1,55 мм/год в зависимости от длительности педогенеза. Исследование почвенно-растительного покрова на семи пересыпях Евпаторийской группы озер показало невысокую морфологическую зрелость сформированных почв (с возрастом, который редко

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [liset@bsu.edu.ru](mailto:liset@bsu.edu.ru) (Ф.Н. Лисецкий)

превышает столетие) и отличие от более дифференцированной функциональной зрелости, что обусловлено разным содержанием карбонатов. Для почв с содержанием оксида кальция не более 18 % установлена зависимость между мощностью гумусового горизонта почв и функциональной зрелостью (по 13 аккумуляруемым в результате педогенеза макро- и микроэлементам). Предложен перечень наиболее информативных геохимических коэффициентов, которые обобщенно характеризуют все сценарии почвообразования при самозарастании песков на аккумулятивных формах черноморского побережья. Показано, что выявленные различия между морфологической и функциональной зрелостью почв на песках обусловлены включением почвенных масс от предшествующих этапов педогенеза в современные профили в условиях высокой динамичности педолитогенеза, прежде всего, за счет активных эоловых процессов в береговой зоне.

**Ключевые слова:** Евпаторийские озера, почвы пересыпей, разновременные почвы, геохимия почв.

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 220-231

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.220  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## Soil Fertility in Agriculture: Russia – Western Europe – USA: in the Past and Today

Jan Diek Van Mansvelt <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> Down2Earth foundation, Wageningen, Netherlands

### Abstract

An overview is presented of how scientific agriculture perceived soils as stocks for minerals for crop production, and to what extent this perception, as it is accepted in agronomy, is considered as relevant in related scientific fields. In the nineteenth century the role of microbiology in soil ecosystems was revealed, the balance of crop remnants and manure conversion was studied, as well as seasonal crop feeding at different systems of manuring, crop rotation, tillage and mixed systems, to manage the balance of crop- and livestock production under low external input conditions. Particularly after World War II, the long-term experience of 'living soils' was ruined by the practice of excessive external inputs of agrochemicals – fertilisers and subsequently pesticides. On a minimized scale, soil-friendly agriculture was and still is present in organic and biodynamic movements, together with various other agro-ecological approaches, attempting to overcome the disadvantages of industrial agronomical agriculture. On this way the FAO declared the year 2015 as the year of soil, while very the same FAO had supported the chemical agriculture for decades in the recent past. This metamorphose has appeared because the shocking soil-destructive role of industrial agronomy causing soil degradation (soil erosion, poisoning and compaction) with flooding followed by drought – the total anthropogenous uncertainty of agricultural land and biosphere as a whole is now becoming more and more obvious. Today soil-ecosystem awareness arises in plant breeding, biosphere & climate, human health, rural development, manuring and phytopathology's pesticide effects on soil ecosystems. In organic (agro-ecology) systems the main problem is the transition period, wherein the mentioned problems of soil compaction, dead-end porosity, low soil nitrogen production, low rate of crop remnants and manure conversion, soil productivity stagnation on the low level are critical. Over and again new approaches are needed to overcome the shortcomings of industrial agriculture and thus attain the higher level organic agriculture. It will be shown that organic/agro-ecological farming systems produce much better than usually known. Moreover, Biogeosystem Technique is a promising transcendental integral approach to overcome the conflict of technology and biosphere.

**Keywords:** soil fertility, fertilisers, manure, plant nutrition, carbon cache.

### 1. Introduction

The consequences of soil fertility, human health and global nutrition issue are important question to properly perceive plant nutrition, crop- and soil-management. The soil ecosystem is crucial to sustainable soil fertility. The main nutrient for the soil ecosystem is Carbon (as carbohydrates), that delivers the much needed energy to the soil meso- and micro-organisms.

\* Corresponding author

E-mail addresses: [jandiek@vanmansvelt.nl](mailto:jandiek@vanmansvelt.nl) (J.D. Van Mansvelt)



Straw rich manure and well composted crop remnants increase quality and quantity of the yields, provided well elaborated crop-rotations and minimal ploughing. The organic and biodynamic farms have been screened on their long-time production and on their effects on the environment (up to climate effects) (Van Mansvelt, 2016).

The key notes on plant nutrition are as follows: plants feed themselves from fertile soils, and supply the conversion soil-ecosystems with exudates and remnants. Von Liebig senior has himself revised his early perceptions on exclusively mineral plant fertilization by appreciating soil life and the biological N fixation (Von Liebig, 1861).

The soil fertility is to be focused on the time and global scale including various neighbouring disciplines of agronomy such as plant breeding, biosphere & climate, human health, rural development, manuring, and pesticide effects on soil ecosystem (Van Mansvelt, 2017).

## 2. Method

Vavilov wrote in 1935 (Vavilov, 1997): "in the past the care for the soil – fertilizer, tillage, etc, came to the fore. But our main goal is in the other – in agricultural plant building". Thus he shifted his attention to genetically improving plant species to existing biotopes and left the improvement of biotopes to fit plant species to others like the microbiologists. The leading role of leguminous crops in supplying both people and livestock with protein, increasing soil fertility is a base of the organic agriculture method (Loskutov, 1999; Dragavtsef, Kurtener, 2016).

## 3. Discussion

Winogradsky (1856–1953) – the famous Russian microbiologist and agronomist was the first who started determining microbial species in a medical and later in an agricultural context (Winogradsky, 1952). Winogradsky eye opener was that the microbial species' particular properties could be easily lost in artificial conditions, as being estranged from nature (Chung, Case, 2001). On the other hand, the microbial species could be ruined by agro-chemical inputs in natural ecosystems. This could become the cause of its collapse – unfavorable positive feedback in the anthropogenous ecosystem.

In 1922 Winogradsky set up the new agricultural bacteriology division of the Pasteur Institute in Brie-Comte-Robert (France) which activity was based of biological N-fixation. The studies of bacterial complexes in the soil nitrogen cycle were started. It was revealed that the complexity of soil bacteria required studying them not only in laboratory cultures but preferably in their natural habitats. As a result of competition, the majority of soil organisms are in a dormant state – it had been shown on example of the *Azotobacter* – active in isolation, but remaining "obstinate into soil in situ" – so the use of laboratory methods in pure culture, and bacteriological media, could not be base of the real soil science. While at Brie, Winogradsky showed the bacteria of rhizosphere as an active agent of N-fixation. These findings triggered a development of commercial nitrogen-fixing bacteria cultures by Ira Baldwin at the University of Wisconsin.

Between 1926 and 1929, Winogradsky embarked on a study of aerobic organisms involved in cellulose decomposition and recognized a series of bacterial genera degrading cellulose and synthesizing polyuronides in soil. He was the first to describe the fusiform, cellulose-degrading cells in the genus *Cytophaga*. Winogradsky started the concept of reductionism and single action-reaction relationships to be studied both under natural or artificial conditions. He realised the natural soil as a complex ecosystem. The safe wide range of interacting organisms requires a holistic multidisciplinary approach, in order to establish sustainable land-use.

Also V.R. Vil'yams (1895–1898) was an adherent of soil-ecosystem good care.

Nikolai Aleksandrovich Krasi'nikov (1896–1973), the director of the Institute of Microbiology of the Academy of Science of the USSR, in his 'Soil Microorganisms and Higher Plants' (Krasi'nikov, 1958, 1968, Gutina, 1982) mentioned the soil's microbial life and its interactions with the crops growth, the utility of fertilisers, the crop rotation.

Anton Nigten (2017) summarised Krasi'nikov's main points as follows:

1. Organic fertilisers cannot be (completely) replaced by chemical salts (such as the well know NPK fertilisers of today);
2. Using composts as fertilisers in his experiments, he found yield increases of 10–50 %, as compared to using chemical fertilisers. However, there were considerable differences between crop species;

3. Remnants of crops and animals must be converted into humus before crops can feed on them;
4. Fertile soils contain more amino-acids than infertile ones;
5. Crops can feed on organic substances only (Palladin, 1924), with a positive effect on their quality as crops as well as of their seeds (Samokhvalov, 1952; Kursanov et. al., 1946);
6. Most plants can interact symbiotically with mycorrhiza fungi, as well as with bacteria. They feed the soil ecosystem and derive specific nutrients in return. This happens most strongly in the early phases of plant development;
7. Mycorrhiza fungi, algae and bacteria exude biotic substances into the soil, such as vitamins, amino acids, auxins, antibiotics, nitrogen compounds, organic acids and phosphor compounds. The B vitamins are very important to plants, like vitamin B<sub>1</sub> for O<sub>2</sub> rich combustion, of B<sub>6</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>, PP and H for formation of amino acids and their transamination;
8. Several organic compounds can be taken up directly as such by plant roots, see for example Laurent and Marchal (1903), so complete mineralisation of the organic compounds is not a requirement as often presumed. Moreover, when bacteria and mycorrhiza fungi are present, phosphorus is taken up more easily;
9. Each and every plant species creates its own rhizosphere in the soil, with its own microorganisms. Thereby the soil, climate and management conditions are crucial. For example do microorganisms produce organic metal components (note that plants cannot take up inorganic iron). So, depending on the situation, nourishing or toxic conditions can occur in the rhizospheres;
10. During crop growth there are mainly non-sporulating bacteria, fungi, and algae. When crops ripen the sporulating species, feeding on plant remnants, become most present. The latter can be detrimental to crops as they exude toxic substances: a monoculture effect that cannot be countered through fertiliser use;
11. In fertile soils less harmful microorganisms are found as compared to infertile soils. By adding CaCO<sub>3</sub>, MgO and NaOH Krasil'nikov accomplished important improvements of soil quality. On the contrary, by adding KNO<sub>3</sub> and KPO<sub>3</sub> azotobacter, a healthy soil indicator, was killed. These experiments were done in podzol soils that presumably lacked Ca, Na and Mg, and presumably where still rich in K;
12. All micro-organisms have their own antagonists in the soil ecosystems. To increase their positive effect on plant growth, Krasil'nikov mixed them with compost, thus keeping them in a good balance;
13. Plants growing in soils treated with manure or compost were found to contain more 'active plant juices', with antibiotics from the soil. Their resistance against plant diseases was increased as compared to non-treated plants;
14. Epiphytes on over ground crop parts can have positive or negative effects on the plant growth, similar to those of microorganisms in the soil;
15. In his last book "Microbes and toxic chemicals in the struggle against plant pests", Krasil'nikov argues strongly in favour of microbial balances in the soil ecosystem to prevent diseases, and thus against killing those living soils by using pesticides.

It is now obvious that – even long ago Winogradsky and Krasil'nikov and their successors – Rudolf Steiner (1861–1925) (Steiner, 1924, 1993), Sir Albert Howard (1873–1947) (Howard, 1940), William Albrecht (1888–1974) (1975), Hans Peter Rusch (1906–1977) (2004) and Masanobu Fukuoka (1913–2008) (1975 & 2009) – were much aware of the complex living soil ecosystem, abundance of microbial species (not focusing on the single microorganism producing natural antibiotics), interactions of the soil systems as cause for crops to grow well (Chaboussou, 1987, 2004; Besson, 2017) on the healthy soil (Semenov, Sokolov, 2016). Unfortunately, the perception of soil as living organisms was overruled by the agro-chemistry adherents and ever less applied in agriculture – agronomy specialising on the distorted perception of linear chemical interactions only. The awareness of soil ecosystems as a living wholes must be restored, in order to reach a truly sustainable agriculture.

In USA John Marler (2009a, 2009b) manifested soil-ecosystem awareness of today and listed the benefits of biotic fertilizers as follows:

1. Full genetic potential: Crops grown with the steady nutrition provided by the complex ionic nutrients contained in soil acids are usually superior in appearance, size and nutrient density to crops grown with conventional fertility formulations;
2. Equal or greater yields: Biotic fertilizers have equalled or excelled in crop yields when compared with conventional fertility programs in both organic and NPK + biotics formulations;
3. Cost: Biotic fertilizer costs are equal to, or less than, costs associated with conventional fertilizers. When oil prices and natural gas prices increase, the cost of conventional fertilizers increases, but the cost of biotic fertilizers stays relatively stable;
4. An end to arable soil erosion and loss of topsoil: Conventional fertilizers are easily over applied. The result is an imbalance in the carbon: nitrogen ratio in a soil, which accelerates the loss of topsoil. Biotic fertilizers work in a natural manner to rebuild soil acids and soil acid gels that act to hold topsoil in place;
5. Soil remediation: Biotic fertilizers have the ability to grow a crop to its full genetic potential while remediating and building soil organic matter, in the form of complex nutrition soil acids;
6. Less toxicity: Biotic fertilizers come in both organic and non-organic forms. While organic forms are naturally less toxic, even the non-organic forms have been shown to require less use of pesticides and fungicides. As a result, conventional fertility programs fortified with biotic fertilizers are not only less toxic, but also have lower costs normally associated with pesticide and fungicide applications;
7. Less crop attack by pests: Organic growers have noted that organic crops experience fewer attacks by pests when compared to crops fertilized with conventional fertilizers. Biotically fertilized crops, particularly those grown with USDA National Organic Program fertilizers, typically exhibit little attraction for insects. Nature has a means for protecting healthy plants from insects, and biotic fertilizers enable these protective mechanisms;
8. Less fungal attacks and disease: biotically fertilized crops have repeatedly shown an ability to resist fungal attack and plant disease. Growers with many different crops in diverse regions have reported that the incidence of powdery mildew, fungus, and other specialized fungal attacks, such as club root in cole crops, are diminished by the use of biotic fertilizers. The mechanism behind this ability is suspected to be the chelated forms of natural elemental fungicides, such as copper, magnesium and zinc that are contained in the biotic formulations.

Marler shares the soil fertility awareness of Winogradsky and Krasil'nikov.

In Russia the idea of soil-ecology based agriculture is presented by A.A. Zhuchenko (1995) and Evgeny Lysenko et al. (2010). They criticise the agriculture trend of industrial chemisation (fertilisers & pesticides) killing soil life in monocultures and soil mouldboard ploughing, compaction of soil, which become impermeable for air and water. Fertiliser application causes the decline in soil micro-organisms, the crops lose their resilience, and the use of pesticides that kill the soil ecosystem more and more is badly stimulated. This positive feedback ruins the soil ecosystem – short-term socio-economic, institutional and governmental policies, short-time money making contradict dramatically a sustainable land-use future (Van Mansvelt, Van der Lubbe, 1999).

The post 2<sup>nd</sup> WW FAO's policy has been linked with war-driven centralised chemo-technical mono-cultural high external input approach rather than non-violent soil ecosystem. Now FAO's Deputy Director-General Maria Helena Semedo warns that agriculture is discovered as a big threat in the fight against climate change and is to be integrated as a sector of the urgent government climate policies (Semedo, 2015). Vananda Shiva (1999) appeals for decades for the agro-ecology/organic agriculture political support. Agriculture on carbon enriching soils is a strong measure against greenhouse gases (Van Mansvelt, 2016).

Decades after the crucial shift to post 2<sup>nd</sup> WW chemisation, the need to go back to soil fertility production is finally accepted as very urgent. There are attempts to generate and apply knowledge required for economically and environmentally sustainable crop production systems and products, as well as in developing land management strategies that protect the quality of soil, water and air resources as the key for sustainable agriculture (Crop and Soil Sciences, 2017), practical recommendations are proposed by Forschungs Institut Biologisch Landbau (FIBL) on the basis of sustainable soil fertility ins and outs, improving land management (Anonymous, 2012).

The Soil Biology Prof Lijbert Brussaard, from Wageningen University in October 2016 summarizes the agenda on the own three decades research basis:

“Over the years, my interest has broadened from straight soil biology to ecosystem services mediated by the soil biota, the (synergies and trade-offs between) ecosystem services and how scientific knowledge may inform land use planning and decision-making by actors in agricultural landscapes. In particular, my research focuses on:

- Biodiversity in agricultural landscapes. Agricultural landscapes are important for the survival of a great deal of wildland biodiversity. The challenge is to make wildland biodiversity more meaningful for the functioning of agricultural landscapes and the provision of ecosystem services. The challenge I am working on is to understand and integrate soil biodiversity in this picture;

- Soil biota – soil structure interrelationships. As a result of agricultural management the contributions of the larger soil biota, such as earthworms and termites, to the formation of soil structure and porosity has diminished, with likely negative effects on the build-up and maintenance of soil organic matter. My research is aimed at understanding and restoring the activity of the soil biota and associated ecosystem services;

- Element cycles as influenced by the soil biota. With mounting pressure on increasing biomass production, while reducing nutrient and greenhouse gas losses from soil to the environment, my research is aimed at understanding and managing of soil biotic interactions for increased nutrient use efficiency in agriculture;

- Biological soil quality. The concept of biological soil quality recognizes that soil characteristics, soil properties, ecosystem functioning and soil ecosystem services are mediated by the soil biota. The research is aimed at scientific underpinning of the concept and making it operational for farmers and other land users.”;

Also, the importance of crops breeding which have wide and deeper root systems is mentioned, in order to improve carbon sequestration and soil-ecosystems development as a whole, as needed for good crop yields. D.B. Kell (2011) states:

“The soil represents a reservoir that contains at least twice as much carbon as does the atmosphere, yet (apart from ‘root crops’) mainly just the above-ground plant biomass is harvested in agriculture, and plant photosynthesis represents the effective origin of the overwhelming bulk of soil carbon. However, present estimates of the carbon sequestration potential of soils are based more on what is happening now than what might be changed by active agricultural intervention, and tend to concentrate only on the first metre of soil depth.

Breeding crop plants with deeper and bushy root ecosystems could simultaneously improve both, the soil structure and its steady-state carbon, water and nutrient retention, as well as sustainable plant yields. The carbon that can be sequestered in the steady state by increasing the rooting depths of crop plants and grasses from, say, 1 m to 2 m depends significantly on its lifetime(s) in different molecular forms in the soil, but calculations (<http://dbkgroup.org/carbonsequestration/rootssystem.html>) suggest that this breeding strategy could have a hugely beneficial effect in stabilizing atmospheric CO<sub>2</sub>. This sets an important research agenda, and the breeding of plants with improved and deep rooting habits and architectures is a goal well worth pursuing.”

E. Charles Brummer et. al. (2011) from the Forage Improvement Division, The Samuel Roberts Noble Foundation, Ardmore, UK, states that:

“Plant breeding programs primarily focus on improving a crop's environmental adaptability and biotic stress tolerance in order to increase yield. Crop improvements made since the 1950s – coupled with inexpensive agronomic inputs, such as fertilizers, pesticides, and water – have allowed agricultural production to keep pace with human population growth. Plant breeders, particularly those at public institutions, have an interest in reducing agriculture's negative impacts (sic. JDvM) and improving the natural environment to provide or maintain ecosystem services (e.g. clean soil, water, and air; carbon sequestration), and in creating new agricultural paradigms (e.g. perennial polycultures). Here, we discuss recent developments in, as well as the goals of, plant breeding, and explain how these may be connected to the specific interests of ecologists and naturalists. Plant breeding can be a powerful tool to bring “harmony” between agriculture and the environment, but partnerships between plant breeders, ecologists, urban planners, and policy makers are needed to make this a reality.”

Biosphere and climate is the awareness of European environment (2010) because agricultural intensification including bio-fuels means decreased crop diversity, simplified cropping methods, fertiliser and pesticide use, exacerbating biodiversity loss and homogenised landscapes. Industrial chemicals, heavy metals, nitrate and phosphorus, pharmaceutical products end up in the soil or in water, excess atmospheric nitrogen content is a dangerous issue across the EU ([Soil and climate change, 2017](#)), the costs of degradation are inappropriate ([The Union of Concerned Scientists, 2017](#)):

“Industrial agriculture is currently the dominant food production system in the United States. It's characterized by large-scale monoculture, heavy use of chemical fertilizers and pesticides, and meat production in CAFOs (confined animal feeding operations). The industrial approach to farming is also defined by its heavy emphasis on a few crops that overwhelmingly end up as animal feed, biofuels, and processed junk food ingredients.

From its mid-20<sup>th</sup> century beginnings, industrial agriculture has been sold to the public as a technological miracle. Its efficiency, we were told, would allow food production to keep pace with a rapidly growing global population, while its economies of scale would ensure that farming remained a profitable business.

But too often, something crucial was left out of this story: the price tag.

In fact, our industrialized food and agriculture system comes with steep costs, many of which are picked up by taxpayers, rural communities, farmers themselves, other business sectors, and future generations. When we include these “externalities” in our reckoning, we can see that this system is not a cost effective, healthful, or sustainable way to produce the food we need.

And the good news is that it's not the only way. Scientists and farmers are developing smart, modern agricultural systems that could reduce or eliminate many of the costs of industrial agriculture—and still allow farmers to run a profitable business. It's time for farm policy to move into the 21st century and prioritize these innovative methods. As I could show last year in Skolkovo, a range of rresearches has shown that average organic farms have a better yield and a higher income than comparable conventional farms ([Van Mansvelt, 2016](#)).

Industrial farming has negative effect on environmental safety. The effect on health of workers, eaters, and downstream neighbours is often neglected. The health impacts:

*Pesticide toxicity.* Herbicides and insecticides commonly used in agriculture have been associated with both acute poisoning and long-term chronic illness (like Alzheimer's disease, obesities, diabetes etc.).

*Water pollution* from fertilizer runoff contaminates downstream drinking water supplies, requiring costly clean-up measures with an annual price tag of nearly \$2 billion.

*Ecosystem pollution* from the Antarctic snow ([Zhang et al., 2015](#)) to the sea water in the deepest oceans pesticides in tiny quantities (0.1 Nano grams per litre water) have been found, which are enough to pose potential threats to wildlife by accumulation in the food chain.

*Junk food.* Industrial agriculture, especially in the central United States, mostly produces commodity crops like corn, sugar beets and soybeans. These crops are used to make the processed foods that dominate the US diet, with serious – and enormously costly – health impacts. All those foods contain small quantities of dozens of different agro-chemicals that are used on those crops (like glyphosate and imidacloprid). Some chemicals are added during food processing (like MSG and dozens of other), and other pesticides (like glyphosate and imidacloprid) are developed in order to be absorbed by the plant roots, which thus increases the risks of passing the whole food chain to the end users.

*Antibiotic resistance.* The overuse of antibiotics in CAFOs has accelerated the development of antibiotic-resistant bacteria, which has taken a toll both in lives and health care dollars.

In former days the American Corn Belt soils were fertile, just as the Russian Chernozems! Now, under industrial farming, soil fertility is considered as a resource to use, not to maintain, additional shortcomings and costs appear:

*Depletion.* Monoculture exhausts soil fertility, requiring costly applications of chemical fertilizers.

*Irrigation.* Soils used to grow annual row crops and then left bare for much of the year have poor drought resistance, increasing irrigation costs.

*Erosion.* Monoculture degrades soil structure and leaves it more vulnerable to erosion, resulting in costs for soil replacement, clean-up, and lost farmland value.

*Lost biodiversity.* Industrial farms don't support the rich range of life that more diverse farms do. As a result, the land suffers from a shortage of the ecosystem services, such as pollination, and insect pest antagonists that a more diverse landscape offers.

*Social and economic impacts*

The pressure to "get big or get out" is fundamental to industrial agriculture – and takes a toll on communities.

*Loss of mid-sized farms.* Once the backbone of US agriculture, medium-sized farms are a dwindling breed, which means that fewer and fewer Americans make their living as farmers—a trend that has been bad for the economies of rural communities and farm states.

Well known fact is that industrial agriculture causes expensive equipment to remove fertilizer by-products from public drinking water supplies, repair the "dead zones" and toxic algae blooms, the pollution problems reduce liveability and depress property values (Von Liebig 1863, Chaianov, 1927).

There are hidden agriculture effects and costs (Advancing sustainable agriculture, 2017; Hidden Costs of Food, 2017; Spot-Chemi, 2017). Altogether they are additional dangers for our world-wide agro-ecosystems.

The symposium on the use of organic matter amendments at Ohio State University concludes (Baysal-Gurel, 2013):

- The addition of organic matter such as cover crop-green manure (single and mixed species), seed meals, dried plant material, good quality compost, organic waste and peats can aid in reducing diseases caused by soil-borne pathogens.

- Organic matter amendments can be very effective in controlling diseases caused by pathogens such as *Fusarium spp.*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia spp.*

- Organic matter improves soil structure and its ability to hold water and nutrients; it also supports microorganisms that contribute to biological control.

- Our study has shown that mixed-hay cropping during the transition periods can enhance soil suppressiveness to damping-off caused by *Pythium* and *Phytophthora*.

- In addition, although compost amendments applied during transition can improve crop vigour by significantly enhancing soil fertility, their effects on soil-borne diseases are not predictable when transitioning to certified organic production

- Organic matter amendments have great potential. However, they sometimes can cause;

- Inconsistent control, increased disease severity and Phytotoxicity.

- Correct management of crop residues and wastes is necessary to avoid phytotoxic effects.

- This can be achieved by optimizing application rates and the timing between organic matter applications and planting the vegetable crop.

- In the early stages of decomposition, and especially when the available oxygen is low as in saturated soil, crop planting should be avoided, or at least delayed to avoid phyto-toxicity and/or diseases caused by *Pythium* and related pathogens.

- Although cover crops contribute many benefits to agricultural system, they may play a significant role to increase soil-borne diseases. Grower management of brassica cover crop residues could greatly affect bio-fumigation effectiveness.

- For maximum effect, residues need to be completely shredded and immediately incorporated into sufficiently moist soil. Here I allow myself to add that the application of dry organic materials (like crop remnants) can be applied to dry soils after harvest as a soil cover, to reduce soil erosion on slopes and increase percolation when rain comes or catch dew in the early morning.

In organic farming the Earthworms are justifying a dream of Sir Charles Darwin as 'unheralded soldiers' of mankind and 'friends of farmers'. One of the leading authorities on earthworms and vermiculture Dr. Anatoly Igonin has said: "Nobody and nothing can be compared with earthworms and their positive influence on the whole living Nature" (Sinha et al., 2009).

After seven years of compost and slurry high amount applying the soil activity becomes higher, the yields improve as well (Hopkins et al., 2016). At the same time it has been revealed that amount of applied nutrients could be decreased considerably without decreasing the yields, once the soil ecosystem is re-established by proper soil management and become fertile with minimal inputs (Van Mansvelt, 2016).

In rhizosphere the root exudates force the interaction between roots of different plant plants, microbes, and nematodes which are highlighted on the scale from molecular to ecosystem level (Harsh P. Bais et al., 2006).

According the studies on “plant growth – promoting” and ‘plant health – promoting” bacteria the plant microbiota is enabled through diverse biochemical mechanisms Davide Bulgarelli et al. (2013).

Cooperating Fujian University departments in China found that novel bio-organic fertilizer effectively suppresses *Fusarium* wilt by enriching the antagonistic bacteria and enhancing the bacterial diversity (Linkun et al., 2016).

It is obvious that cooperation of soil ecologists, plant breeders, microbiologist, phytopathologists and other specialists helps to avoid simplified model of “pest – plant” interactions that promote fighting nature and turn to nature-friendly models allowing the long-term fruitful development. Healthy soils mean healthy crops.

The pesticides disastrously contaminate the soil and the food. Regulations on new pesticides use don't solve the fundamental issue – the pesticides behaviour in the food chain – the role of final experimental rabbits for us and nature is undesirable (Buijs, Tennekes, 2017).

Already in the last century's fifties the Germans Hermann Druckrey (1904–1994) and Chemistry Nobel laureate (1939) Adolf Butenand (1903–1995) warned about the dangerous policy of pesticides dose-effect *risk-prevention*, irreversible effects of pesticides. But the French René Truhaut promoted the acceptableness of daily intake as the *risk-management* strategy for pesticide wide use. With massive support from industry this point of view is prevailing until now, and results in irreversible pollution of ecosphere with pesticides and their metabolites – the neonics can kill all insects, then all birds (Tennekes, 2010; Tennekes, Sánchez-Bayo, 2013) and other organisms inhabiting various trophic levels, including humans (Lew, 2009). The microorganisms – the kings of nature – are the first to respond these synthetic compounds deposits in the environment (Tano, 2011).

There is a need to stress – thousands organic farmers worldwide prove so – that pesticides are not required to grow healthy crops. The switch of FAO policy from industry driven to global survival driven in 2015 is an important indicator for the nearest future.

In July 2017 the Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority discovered (NFCA, 2017) the fipronil insecticide in eggs and in chicken meat. It is *unavoidable* that *anything* that is used in feed and in the stable will become present in eggs and in chicken meat. From 2016 till July 2017 all contaminated eggs and chicken meat had been consumed, the contaminated life waste become applied to the soil and water systems. In Russia fipronil and similar chemicals are widely advertised and sold for use in poultry. The only way out of the dangerous environment situation is to forbid the use of all those substances in the food chain and to control it in transparent procedures.

The contaminants and infections are spreading on the wide scale, including super-bacteria resistant to any modern antibiotics. Therefore, the health of the soil and the sanitary and epidemiological conditions of life become worse (Sazykin et al., 2016; Sazykina et al., 2014). The dangerous biological objects resistance to modern medicines can only be eliminated by natural antibiotics, which, as a waste, in small concentrations, can be dispersed and integrated into the soil ecosystem. Another way is a gasification of biological waste and subsequent disperse intra-soil placement of ecosphere-safe gasification product, whose mass is 10-20 times less than the initial product, inside the soil as a fertilizer, a structure-forming agent, an ameliorant. However, the technical means of standard industrial farming, insofar as they are unchanged in organic farming systems, are not able to solve such tasks.

In some marginal types of organic (agro-ecology) systems, critical problems of soil compaction, dead-end porosity, low soil-nitrogen production, low rate crop remnants and manure conversion, can result in soil productivity stagnation on an unwanted low level (Semenov et al., 2016).

The soil, disturbed by standard agricultural techniques, needs the creation of starting conditions for a new evolution under organic farming system, otherwise the transition to the new system will be difficult, or impossible at all. The new approaches are needed to overcome the shortcomings of industrial agriculture. The Biogeosystem Technique is a promising transcendental integral approach to overcome the conflict of technology and biosphere, to create starting

conditions for sustainable vector of the fertile healthy soil evolution (Batukaev et al., 2016; Glazko V., Glazko T., 2015; Glazko, Sister, 2016; Kalinichenko, 2016; Kalinitchenko et al., 2016).

The methods and technical means of Biogeosystem Technique are of interest for synthesizing the dispersed system in 20-45 cm soil layer, most compacted in a standard farming system. An attractive opportunity is to apply in a dispersed way the biological waste within synthesized intra-soil dispersed system. It helps to eliminate an uncontrolled spread of dangerous substances, which in standard farming practice are applied to the soil surface layer. The plants will be supplied with additional nutrients, the possibility will be obtained for carbon sequestering from the atmosphere by increasing soil biological capacity, a larger productive carbon cache will be created into the healthy soil.

In organic (agro-ecology) system the main problem is the transition period, wherein the problems of soil compaction, dead-end porosity (Shein et al., 2016), low soil nitrogen production, low rate of crop remnants and manure conversion, soil productivity stagnation on the low level are critical. Over and again new approaches are needed to overcome the shortcomings of industrial agriculture and thus attain the higher level organic agriculture. It will be shown that organic/agro-ecological farming systems produce much better than usually known.

#### 4. Conclusion

In the light of above survey it is clear that agronomist academicians have the responsibility and, at the same time, have a considerable challenge to revise our research policy and contribute more than ever for sustainable food production and the sustainable future.

Disciplinary research alone is not enough anymore – such research are dangerous because disorientate the scientific community, the population, the government (Van Mansvelt, Van der Lubbe 1999).

Now a vast knowledge is available on different aspects of soil ecosystems degradation and healthy soil ecosystems regeneration, to grow healthy crops, best possibility for cattle breeding, healthy food for humans.

Let us more contribute to a non-violent agriculture, create an international multidisciplinary, practice based, non-violent, sustainable agro-ecosystem management.

#### 5. Acknowledgements

I want to thank Prof. Dr. Sulukhan K. Temirbekova for organizing the International scientific and practical conference "ECOLOGY PROBLEMS AND AGRICULTURE IN THE 21<sup>ST</sup> CENTURY", dedicated to the 130<sup>th</sup> anniversary of N.I. Vavilov, September 21–22, 2017, Russian Academy of Sciences – VNIIF. I'm also grateful for inviting me to contribute to that conference. It inspired me to write this paper.

#### References

- Advancing sustainable agriculture, 2017 – Advancing sustainable agriculture, <http://earthjustice.org/healthy-communities/toxic-chemicals/sustainable-agriculture>, date: 2017-11-20
- Albrecht, 1975 – Albrecht W. A. (1975). The Albrecht Papers. Acres, USA. 515 p.
- Anonymous, 2012 – Anonymous (2012). Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit – Die Beziehung zum Boden gestalten. Herausgeber: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Postfach, CH-5070 Frick, 32 p.
- Bais et al., 2006 – Bais, H.P. et. al. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annual Review of Plant Biology, Vol. 57. 233-266. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159>, date: 2017-11-20
- Batukaev et al., 2016 – Batukaev Abdul-Malik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink, *Solid Earth*, 7, Iss. 2, 415-423, doi:10.5194/se-7-415-2016
- Baysal-Gurel, 2013 – Baysal-Gurel F. (2013). Management of soil-borne diseases in organic vegetable production. ISE Workshop-Jefferson City, Missouri, 04 –05 June, 2013, the Ohio State University.



**Besson, 2017** – Besson Y. (2017). Les Fondateurs de l'agriculture biologique, Sang de la Terre, 776 p.

**Brummer et al., 2011** – Brummer E. C. et al. (2011). Plant breeding for harmony between agriculture and the environment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 561–568. doi:10.1890/100225

**Bulgarelli et al., 2013** – Bulgarelli D. et al. (2013). Structure and Functions of the Bacterial Microbiota of Plants. *Annual Review of Plant Biology*, Vol. 64:807-838 <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120106>, date: 2017-11-20.

**Buijs, Tennekes, 2017** – Buijs J. and Tennekes H. (2017). Krant van de Aarde 10. Chemische bestrijdingsmiddelen in voedsel (in Dutch).

**Chaboussou, 1987** – Chaboussou F. (1987). Pflanzengesundheit und ihre Beeinträchtigung.

**Chaboussou, 2004** – Chaboussou F. (2004). Healthy Crops: A New Agricultural, *the Gaia Foundation*, Science. 244 p.

**Chaianov (1927)** – Chaianov A. (1927). [http://library.uniteddiversity.coop/Cooperatives/The\\_Theory\\_of\\_Peasant\\_Co-Operatives.pdf](http://library.uniteddiversity.coop/Cooperatives/The_Theory_of_Peasant_Co-Operatives.pdf), date: 2017-11-20.

**Chung & Case, 2001** – Chung King-Thom and Case Christine L. (2001). Published in SIM News 51(3):133-135. Sergei Winogradsky: Founder of Soil Microbiology [https://www.researchgate.net/publication/242216882\\_Sergei\\_Winogradsky\\_Founder\\_of\\_Soil\\_Microbiology](https://www.researchgate.net/publication/242216882_Sergei_Winogradsky_Founder_of_Soil_Microbiology), date: 2017-11-20.

**Crop and Soil Sciences, 2017** – Crop and Soil Sciences, <https://cals.ncsu.edu/crop-and-soil-sciences/about/>, date: 2017-11-20.

**Dragavtsef, Kurtener, 2016** – Dragavtsev Victor, & Kurtener Dmitry (2016). Agrophysics and epigenetics: tasks for interdisciplinary researches, *European Agrophysical Journal*, 3(4), 119-125.

**Fukuoka, 1975, 2009** – Fukuoka M. (1975 & 2009). The One-Straw Revolution. An Introduction to Natural Farming, Rodale Press & NYRB Classics.

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

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

**Gutina, 1982** – Gutina V.N. (1982). Nikolaj Aleksandrovič Krasil'nikov: 1896–1973. Moskva: Izdat., Nauka. 213 s.

**Hidden Costs of Food, 2017** – The Hidden Costs of Food, [http://www.huffingtonpost.com/peter-lehner/the-hidden-costs-of-food\\_b\\_11492520.html](http://www.huffingtonpost.com/peter-lehner/the-hidden-costs-of-food_b_11492520.html), date: 2017-11-20.

**Hopkins et al., 2016** – Hopkins D.W. et al. (2016). Soil carbon and nitrogen and barley yield responses to repeated additions of compost and slurry. // *The Journal of agricultural Science*, Volume 155, Issue 1440 January 2017, pp. 141–155.

**Howard, 1940** – Howard Sir A. (1940). An Agricultural Testament. Oxford University Press, UK.

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

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

**Kell, 2011** – Kell D.B. (2011). Breeding crop plants with deep roots: their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. *Ann Bot.* 2011 Sep; 108(3):407-18, doi: 10.1093/aob/mcr175.

**Krasi'nikov, 1958** – Krasi'nikov N.A. (1958). Soil Microorganisms and Higher Plants. The Academy of Sciences of the USSR, Moscow.

- Krasi'nikov, 1968** – *Krasi'nikov N.A.* (1968). Microbes and toxic chemicals in the struggle against plant pests (JPRS 44,489) TRANSL. 16903. [<https://archive.org/details/CAT11110538091>].
- Kursanov et al., 1946** – *Kursanov A.L., Isaeva E.V., Potapenko V.N.* (1946). Enzyme Adsorption by Tissues of Higher Plants. “*Biokhimiya*” (*Biochemistry*), Vol. XI, No 5.
- Laurent & Marchal, 1903** – *Laurent E. and Marchal E.* (1903). Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux. *Bul. Acad. Roy. Belg.*
- Lew, 2009** – *Lew S. et. al.* (2009). Effect of pesticides on soil and aquatic environmental microorganisms. A short review. *PSP*. Vol. 18, No 8. Fresenius Environmental Bulletin. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/236236009\\_Effect\\_of\\_pesticides\\_on\\_soil\\_and\\_aquatic\\_environmental\\_microorganisms\\_-\\_A\\_short\\_review](https://www.researchgate.net/publication/236236009_Effect_of_pesticides_on_soil_and_aquatic_environmental_microorganisms_-_A_short_review), date: 2017-11-20
- Liebig von, 1861** – *Liebig J. von* (1861). Es ist ja die Spitze meines Lebens, Naturgesetze im Landbau. Hrsg. Wolfgang von Haller. 4e Aufl. Bad Dürkheim, 1995. 54 p.
- Liebig von, 1863** – *Liebig J. von* (1863). The Natural Laws of Husbandry, edited by John Blyth, prof. of chemistry in Queen's College, London.
- Linkun et al., 2016** – *Linkun Wu et. al.* (2016). Insights into the Regulation of Rhizosphere Bacterial Communities by Application of Bio-organic Fertilizer in *Pseudostellaria heterophylla* Monoculture Regime. *Front. Microbiol.*, 16 November 2016, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01788>, date: 2017-11-20.
- Loskutov, 1999** – *Loskutov I. G.* (1999). Vavilov and His Institute. A History of the World Collection of Plant Genetic Resources in Russia. International Plant Genetic Resources Institute. IPGRI, Rome, Italy. 188 pp.
- Lysenko et al., 2010** – *Lysenko E., Victor Squires, Willy H. Verheye* (2010). Interactions: Food, Agriculture and Environment. EOLSS Publishers/UNESCO. 458 p.
- Mansvelt van & Lubbe van der, 1999** – *Mansvelt J.D. van and M. Van der Lubbe* (1999). Checklist for Sustainable Landscape Management, Elsevier Amsterdam. 181 p.
- Mansvelt van, 2016** – *Mansvelt J.D. van* (2016). Perceptions of plant nutrition in agriculture – Some consequences for soil fertility, human health and global nutrition; an essay in contextualisation. Paper in the first Russian Conference on “Fundamental and applied research in bio-organic agriculture in Russia and the EU” organised by the Russian Federal Research Institution for Phytopathology and Moscow's innovations centre Skolkovo.
- Mansvelt van, 2017** – *Mansvelt J.D. van* (2017). Historic and actual awareness of soil fertility in agriculture: Russia – Western Europe – USA: draft of a survey. International scientific and practical conference "Ecology problems and agriculture in the 21<sup>st</sup> Century", dedicated to the 130<sup>th</sup> anniversary of N.I. Vavilov, September 21–22, 2017, Russian Academy of Sciences – VNIIF.
- Marler, 2009a** – *Marler J.* (2009). Biotic fertilizer, <http://www.nutritionsecurity.org/PDF/BioticFertilizer.pdf>, date: 2017-11-20.
- Marler, 2009b** – *Marler John* (2009). US20090188290 A1. Fertilizers and methods for using biotic science to feed soils. Patentee John Marler. Application No. US 12/360,500. Publication date: 30 July, 2009.
- Nigten, 2017** – *Nigten A.* (2017). Re-inventing agriculture. International scientific and practical conference “Ecology problems and agriculture in the 21<sup>st</sup> Century”, dedicated to the 130<sup>th</sup> anniversary of N.I. Vavilov, September 21–22, 2017, Russian Academy of Sciences – VNIIF.
- NFCA, 2017** – *NFCA* (2017). <https://english.nvwa.nl/news/news/2017/07/31/nvwa-cautions-consumers-against-eating-eggs-with-specific-egg-code>, date: 2017-11-20.
- Palladin, 1924** – *Palladin V.N.*, (1924). Fiziologiya rastenii (Plant Physiology).-Moscow-Leningrad.
- Rusch, 2004** – *Rusch H.P.* (2004). Bodenfruchtbarkeit – Eine Studie ökologischen Denkens. Xanten.
- Samokhvalov, 1952** – *Samokhvalov* (1952). Novoe ob uglerodnom pitanii rastenii (New Data on the Carbohydrate Nutrition of Plants). Khar'kov.
- Semedo, 2015** – *Semedo Maria Helena* (2015). “Agriculture should be integrated in climate change policies”, <http://www.fao.org/members-gateway/news/detail/en/c/357972/>, date: 2017-11-20.
- Sazykin et al., 2016** – *Sazykin I.S., Sazykina M.A., Khmelevtsova L.E., Mirina E.A., Kuddevskaya E.M., Rogulin E.A., Rakin A.V.* (2016). Biosensor-based comparison of the

ecotoxicological contamination of the wastewaters of southern Russia and southern Germany, *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 13, No 3, pp. 945-954.

[Sazykina et al., 2014](#) – *Sazykina MA, Sazykin IS, NV Kostina, Hmelevtsova LE, Trubnik RG, Sazykina MI* (2014) Study of ecotoxicological parameters of waste water in Rostov-on-Don and Munich, *Water: chemistry and ecology*, № 1 (66), pp. 3–10.

[Semenov et al., 2016](#) – *Semenov AM, Glinushkin AP, Sokolov MS* (2016). Oranic agriculture and soil ecosystem health // International Scientific and Practical Conference Modern problems of herbolyology and surface improvement (June 21–23, 2016). Great Vyazemy, 2016. pp. 283–291.

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

[Shein EV et al., 2016](#) – *Shein EV, EB Skvortsova, Dembovetsky AV Abrosimov KN, Ilyin LI, NA Shnyrev* (2016). Pore size distribution in the loamy soils: a comparison of tomographic and micro-capillaries methods of the metric determining, *Soil Science*, No 3, pp. 344–354.

[Shiva, 1999](#) – *Shiva V.* (1999). Ecological balance in an era of globalization. Global ethics and environment. N. Low (ed). London, New York: Routledge.

[Sinha et al., 2009](#) – *Sinha Rajiv K. et al.* (2009). Special issue ‘Vermiculture & Sustainable Agriculture’. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 5 (S): 01-55.

[Soil and climate change, 2017](#) – Soil and climate change, <https://www.eea.europa.eu/themes/soil/climate/soil-and-climate-change>, date: 2017-11-20.

[Spot-Chemi, 2017](#) – Spot-Chemi, <http://www.spotchemi.eu>, date: 2017-11-20.

[Steiner, 1924, 1993](#) – *Steiner R.* (1924 & 1993). *Spiritual Foundations for the Renewal of Agriculture*. Biodynamic Farming and Gardening Association, USA.

[Tano, 2011](#) – *Tano Z.J.* (2011). *Pesticides in the Modern World-Risks and Benefits*, Edited by Margarita Stoytcheva. Croatia: InTech. [https://archive.org/stream/PesticidesInTheModernWorldRisksAndBenefits/Pesticides\\_in\\_the\\_Modern\\_World\\_-\\_Risks\\_and\\_Benefits\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/PesticidesInTheModernWorldRisksAndBenefits/Pesticides_in_the_Modern_World_-_Risks_and_Benefits_djvu.txt), date: 2017-11-20.

[Tennekes, 2010](#) – *Tennekes H.A.* (2010). The significance of the Druckrey–Kupfmüller equation for risk assessment – the toxicity of neonicotinoid insecticides to arthropods is reinforced by exposure time, *Toxicology* 276:1-4

[Henk Tennekes \(2010, 2013\)](#) – *Tennekes H.A. en Sánchez-Bayo F.* (2013). The molecular basis of simple relationships between exposure concentration and toxic effects with time, *Toxicology* 309: 39-51

[The European environment, 2010](#) – *The European environment* (2010). State and outlook. Thematic assessment. Biodiversity. <https://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/synthesis>, date: 2017-11-20.

[The Union of Concerned Scientists, 2017](#) – *The Union of Concerned Scientists* – 2 Brattle Square, Cambridge MA 02138-3780: [http://www.ucsusa.org/food\\_and\\_agriculture/our-failing-food-system/industrial-agriculture/hidden-costs-of-industrial.html#.WXsBX1FLf3g](http://www.ucsusa.org/food_and_agriculture/our-failing-food-system/industrial-agriculture/hidden-costs-of-industrial.html#.WXsBX1FLf3g), date: 2017-11-20.

[Vavilov, 1997](#) – *Vavilov N.I.* (1997). *Five Continents*. L.E. Rodin, S. Reznik and P. Stapleton, eds. IPGRI, Rome, Italy. 198 p.

[Vil'yams, 1895–1898](#) – *Vil'yams V.R.* (1895–1898). *Lectures on the soil science given at the Moscow Agricultural Institute*.

[Winogradsky, 1952](#) – Winogradsky SN (1952). *Soil Microbiology: Problems and methods*. M. L.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 793 p.

[Zhang et al., 2015](#) – *Zhang et al.* (2015). In de Voogt, Pim (Ed.) *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 239, Springer International Publishing.

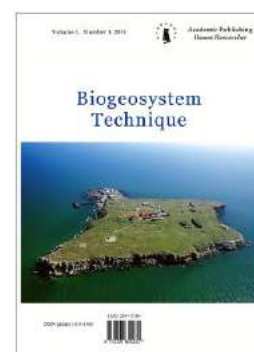
[Zhuchenko, 1995](#) – *Zhuchenko A.A.* (1995). *Strategy of Adaptive Intensification of Agriculture (A concept)*. Pushchino Research Centre, Russian Academy of Sciences, Dept. of Scientific and Technical Information. 119 p.

Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 232-236

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.232  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



### Reviews of the Conferences on Agro-ecology

#### In retrospect. The 1<sup>st</sup> Conference on Organic Agriculture, of the Russian Academy of Sciences, and the All-Russian Research Institute of Phytopathology, in the Skolkovo Innovation Center, August 9–12, 2016

Jan Diek Van Mansvelt <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Down2Earth foundation, Wageningen, Netherlands

#### Abstract

The conference agenda was the vast field of Fundamental and applied research in Bioorganic Agriculture in Russia, CIS and the EU. The conference was dedicated to the blessed memory of the highly honored Russian Academician Alexander Alexandrovich Zhuchenko (1935 – ca 2013). Scientific work of A.A. Zhuchenko on crop adaptability is of highest significance for Bioorganic Agriculture to ensure a decent life way in harmony with nature not damaging an environment. The Conference's focuses were: low external input agriculture, ecologically balanced and highly recycling agriculture, with pest prevention preferred over pesticide use. More than two hundred papers were presented on call of Conference successful organizer – Prof. Sulukhan K. Temirbekova – and collected in two tomes, of some 700 pages each – the huge interest to the issue. Very important protagonists of agro-ecology/organic agriculture were the participants of the Conference. The Resolution of conference assesses the contributions of all participants as valuable; recommend more attention & facilities for research and education in organic agriculture, the state regulation of IFOAM compliant standards for food production and processing, an annual or at least bi-annual international RAS conference on developments in organic agriculture, research and practice.

**Keywords:** Zhuchenko, recycling agriculture, pest prevention, environment, state regulation, quality of food.

The conference agenda was the vast field of Fundamental and applied research in Bioorganic Agriculture in Russia, CIS and the EU.

The conference was dedicated to the blessed memory of the highly honored Russian Academician Alexander Alexandrovich Zhuchenko (1935 – ca 2013).

A.A. Zhuchenko – the prominent high global level biologist, the biggest organizer, head of biological and agricultural science and production, presented bioorganic agriculture scientific work on the adaptive potential of the crop. The entire scientific Russia and CIS community noted his 80<sup>th</sup> anniversary in 2015. A.A. Zhuchenko was a multifaceted personality with a deep scientific intuition and insight, developed new and original trends in the world of science, foresaw the main areas of crop development (genetics, breeding, immunity, ecological agriculture). An outstanding scientist

\* Corresponding author

E-mail addresses: [jandiek@vanmansvelt.nl](mailto:jandiek@vanmansvelt.nl) (J.D. Van Mansvelt)

and patriot, he devoted his life to the service of science of the Soviet Union and Russia. And all this he was absolutely reasonable and sincere in dealing with Russian and foreign colleagues!



**Fig. 1.** Academician A.A. Zhuchenko (photo made in 2009)

Scientific work of A.A. Zhuchenko on crop adaptability is of highest significance for **Bioorganic Agriculture** to ensure a decent life way in harmony with nature not damaging an environment.

Based on his fair and sound research, he advocated organic agriculture as a way to respect the self-organizing potential of nature. An agriculture that produced enough good food for the people, and at the same time improved the soil ecosystem in favour of the generations to come.

As economic interests of certain industries were not served by a low external input agriculture, Zhuchenko's proposals and teachings were not supported for many decades.

Thus it was joyfully surprising that Prof. Sulukhan K. Temirbekova managed to organise a conference in the Russian Academy of Sciences, wherein low external input agriculture, ecologically balanced and highly recycling agriculture, with pest prevention preferred over pesticide use, was put in the focus of most of the 62 presented papers.

Also the more than two hundred papers collected in two tomes of some 700 pages each, presented on Conference successful organizer – Prof. Temirbekova's call for papers, clearly show the huge interest in the issue among Russian agro-researchers.

To name just a few of the important protagonists of agro-ecology / organic agriculture I refer to the following list of professors (these scientists are just some important persons):

- A. Goncharenko – Plant breeding
- B. Heijden – BD Plant breeding
- A. Semenov - Soil microbiology
- M. Sokolov – Soil health
- Y. Volkov – Biodynamics
- A. Nakaryakov – Biodynamics & Bio-Ekoniva
- A. Zuchenko Jr. – Organic agriculture
- V. Loshakov – Crop rotation
- V. Kasdapov – Leguminous forage crops
- O. Stognienko – Crop rotation and soil health
- A. Kislov – Phytopathology and crop rotations



**Fig. 2.** Conference participants. From left to right A. Nakaryakov (Kaluga region), prof. S.K. Temirbekova, prof J.D. Van Mansvelt (The Netherlands), Dr. B. Heijden (Germany)

Prof. Temirbekova made an important draft of the conference Resolution, wherein the participants of the conference recommend to pay more attention & facilities for research and education in organic agriculture, as well as state regulation of IFOAM compliant standards for production and processing.



**Fig. 3.** Elizabeth Beringer, EU expert on biodynamics, interpreter Elena Gurchenko, student of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev (left)



**Fig. 4.** Dr. Janos Molnar, European Union Expert, Hungary

Also an annual or at least bi-annual international RAS conference on recent developments in organic agriculture, research and practice, was recommended in that Resolution.

All in all, I appreciate the great and successful efforts of prof. Temirbekova and the valuable contributions of all participants. Future generations will note the transition toward sustainable agriculture in Russia that was initiated by this unique Conference.

I do hope the Resolution will have the support of all participants and all those in charge.

#### **Conference resolution**

Having listened and discussed the reports of Russia, Belarus, Germany, Netherlands, Mauritius Island scientists, the participants of Conference expressed their appreciation of its organization, presentations, posters and expressed a deep gratitude to the organizing committee for the excellent organization of international conferences, and personal gratitude to the Chairman of the Organizing Committee Prof. S.K. Temirbekova for her ability and organizational skills in conducting the event.

Participants noted that the future of bioorganic agriculture food security – the quality of food and environment determines the quality of life on the Earth.

The conference participants decide:

1. Develop and promote a program of bioorganic agriculture on a global level.
2. Develop and implement a program to educate primary, secondary students on the basics and the importance of bioorganic agriculture.
3. Make proposals to the Federal Law Project 28.01.2015 "On organic production" and changes to the adopted Standards.
4. Develop and adopt a program of cooperation in the field of bioorganic (biodynamic) agriculture at the international level in the form of scientific and technical association to conduct studies including all branches of agriculture (soil science, breeding, plant protection, etc.).
5. Send a proposal to the relevant Ministries of the Russian Federation for opening the Departments of organic agriculture in Universities of Krasnodar and Moscow.
6. Foster the Agriculture graduates in development of bioorganic farming.

7. Disseminate the information about the Conference in social networks, media and other media.

8. Hold conferences on bioorganic farming on regular schedule once in a 1.5-2 year with the invitation of IFOAM experts, scientists and bioorganic government and non-government organizations of Russia, CIS and over the world.

### **My song for the earth – my mother**

Let me sing you my song – for my mother  
For my mother: this wonderful Earth  
She will nourish us all and forever  
If we cherish her so fertile soils

Let us farm the earth's soils to be fertile  
Let us farm to improve all our soils  
When we feed all the soils they will feed us  
Healthy soils, healthy crops, healthy us.

Let's pay farmers a fair price for growing  
All the food that we need – from good soils.  
For good soils save out water and climate.  
Let's make sure we don't let soils erode.

Be aware we're in charge as consumers  
And as scientists of the whole food-chain.  
Let us here vote for the fair politicians  
From all regions of all of Russia.

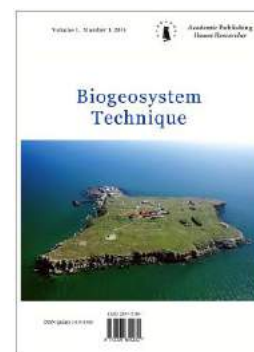


Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
2017, 4(2): 237-241

DOI: 10.13187/bgt.2017.2.237  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



## International Scientific and Practical Conference: "Problems of Ecology and Agriculture in the 21<sup>st</sup> Century", dedicated to the 130<sup>th</sup> Anniversary of N.I. Vavilov

Sulukhan K. Temirbekova <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup>All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, Russian Federation

### Abstract

International Scientific and Practical Conference: "Problems of Ecology and Agriculture in the 21<sup>st</sup> Century", dedicated to the 130<sup>th</sup> anniversary of Nikolai Ivanovich Vavilov was held on September 21–22, 2017 in the Presidential Hall of Russian Academy of Sciences.

N.I. Vavilov has organized 180 expeditions to 65 countries (he didn't visit only Australia and Antarctica), where collected the richest and unique world collection of cultivated plants – a gene bank of more than 250 thousand samples. To date, more than 70 % of the cultivars in Russia and other countries have been created on the basis of N.I. Vavilov collection. The collection is our national treasure. In the presentations and posters, the high importance and relevance of the Academician N.I. Vavilov scientific heritage, priority scientific directions and modern technologies in the field of agro-ecology, crop production, breeding, phytosanitary, genetics and biotechnology, biodiversity, environmental protection were voiced. The resolution of the conference contains an appeal to the President of the Russian Federation, the Government of the Russian Federation, the State Duma of the Russian Federation, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation and the Federal Agency of Scientific Organizations on the need to formulate a strategy in the field of plant genetic resources, genetics and epigenetics, selection and seed production in the Russian Federation, to develop and improve the laws of the Russian Federation in the field of genetic resources, seed conservation, preservation and development of the scientific heritage of Academician N.I. Vavilov. On the suggestion of the Netherlands, a multi-purpose international agro-ecological project was initiated, oriented in accordance with Presidential Decree No. 642 of 1 December 2016 to overcome the great challenge of preserving and enhancing the biosphere – the development of genetic research, introduction, and overcoming the conflict of technology and the biosphere using Biogeosystem Technique.

**Keywords:** N.I. Vavilov, genetics, epigenetics, biodiversity conservation, breeding, agro-ecology, plant growing, phytosanitary, environmental protection, Biogeosystem Technique.

Международная научно-практическая конференция: «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке», посвященная 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова была проведена 21–22 сентября 2017 г. в Президентском зале РАН в Москве по инициативе Российской академии наук, Министерства сельского хозяйства РФ, Федерального агентства научных организаций, Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии.

\* Corresponding author

E-mail addresses: [vniif@vniif.ru](mailto:vniif@vniif.ru) (S.K. Temirbekova)



**Рис. 1.** Н.И. Вавилов

В конференции приняли участие представители РАН, Министерства сельского хозяйства РФ, ФАНО России, научных учреждений, общественных организаций, учреждений высшего образования аграрного профиля, деловые круги, общественные организации. Всего участников было более 130 человек – из Нидерландов, Ирака, Венгрии, Молдовы, Приднестровья. Среди участников – академики и члены-корреспонденты РАН, профессора, доктора и кандидаты наук, специалисты сельского хозяйства, научные сотрудники, общественные деятели.



**Рис. 2.** Члены организационного комитета конференции. Слева направо: директор ВНИИФ проф. А.П. Глинушкин, председатель организационного комитета проф. С.К. Темирбекова, академик РАН А.А. Жученко младший

2017 год Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина объявлен в России Годом Экологии. Конференция внесла вклад в проведение Года Экологии – на ней были рассмотрены:

1. Защита существующих и находящихся под угрозой экосистем;
2. Привлечение внимания граждан и государства к актуальным проблемам экосферы, ее защите;
3. Сохранение многообразия биологических видов.

Нашу конференцию мы посвятили знаменательной дате – 130-летию со дня рождения гения мировой биологической и сельскохозяйственной науки Николая Ивановича Вавилова, которую мировая научная общественность отмечает в 2017 году.

В результате организованных Н.И. Вавиловым 180 экспедиций в 65 стран мира (он не побывал только в Австралии и Антарктиде) собрана самая богатая и уникальная мировая коллекция культурных растений – банк генов более 250 тысяч образцов (1940 год). И сегодня более 70 % сортов сельскохозяйственных культур, возделываемых в России и странах СНГ, созданы на основе мировой коллекции Н.И. Вавилова. Эта коллекция является основой не только продовольственной, но и экологической и биологической безопасности России. Мировая коллекция культурных растений и их дикорастущих сородичей – это наше национальное достояние. На планете из-за катаклизмов сокращается биологическое разнообразие, исчезают многие виды. Благодаря коллекции ВИР имени Н.И. Вавилова сохранились более 30 % культур, которые в природе уже считаются вымершими. В нашу страну из разных регионов Земли обращаются с просьбой передать их же собственные сорта. Мировая коллекция ВИР, собранная Н.И. Вавиловым и постоянно пополняемая вивровцами, представляет собой Золотой фонд, который бессмертен как сам Н.И. Вавилов. Его соратники в суровые годы Великой Отечественной войны в блокадном Ленинграде умирали от голода рядом с генофондом, не тронув ни одного зёрнышка, ни одного клубня.

Основные тематические разделы конференции:

1. Теоретическое наследие Н.И. Вавилова в современной науке;
2. Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке – основа обеспечения продовольственной, экологической безопасности и повышения качества жизни;
3. Роль генетических ресурсов растений в достижениях мировой селекции;
4. Экологические аспекты в защите биосферы и биоразнообразия экосистем, включая вулканическое происхождение;
5. Экологическая биологизация и использование органо-минеральных удобрений;
6. Экологические последствия изменения климата в различных регионах России и других стран;
7. Экологический мониторинг и контроль качества природных сред – вода, атмосферный воздух, почва;
8. Экологические и санитарно-гигиенические аспекты антропогенного воздействия на атмосферный воздух, почву и водоисточники, передовые экологические технологии для борьбы и предотвращения загрязнения различными токсикантами компонентов биосферного комплекса;
9. Экологические последствия селекции и выращивания ГМО (генномодифицированные растения);
10. Экологические последствия применения пестицидов;
11. Экологические последствия техногенных катастроф (Чернобыль, 1986; Фукусима Данчи, 2011);
12. Медико-экологические аспекты обеспечения экологической безопасности.

В докладах и постерах были отмечены высокая значимость и актуальность научного наследия академика Н.И. Вавилова, озвучены приоритетные научные направления и современные технологии в области агроэкологии, растениеводства, селекции, фитосанитарии, генетики и биотехнологии, сохранения биоразнообразия, фитосанитарии и защиты окружающей среды

На конференции были выставки хлебной продукции из древней культуры полбы, картофеля с разной окраской мякоти, показ женских шляпок натуральной окраски, выполненных из соломок различных зерновых культур, драгоценные минералы,

сформированные в чистых экологических условиях Московской области. Научные труды конференции изданы в 4-х томах.

По заказу Организационного комитета художница Татьяна Мельниченко выполнила портрет Н.И. Вавилова.

23 сентября конференция была продолжена у памятника Н.И. Вавилову в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, приняли участие студенты, аспиранты, магистранты, преподаватели.



**Рис. 3.** Участники конференции у памятника Н.И. Вавилову. Портрет Н.И. Вавилова работы Т. Мельниченко – подарок родному вузу Н.И. Вавилова – РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Радостным событием для коллектива ФГБНУ ВНИИ Фитопатологии стало 10 октября 2017 года, когда экспертная комиссия Министерства сельского хозяйства РФ, рассмотрев научные труды Международных научно-практических конференций, проведенных Всероссийским научно-исследовательским институтом фитопатологии в Сколково в 2016 г. (в 2-х томах) и в Президентском зале РАН в 2017 г. (в 4-х томах), дала высокую оценку деятельности института и наградила коллектив Золотой медалью МСХ РФ «За выдающиеся достижения в агропромышленном комплексе».

Резолюция конференции содержит обращение к Президенту РФ, Правительству РФ, Государственной Думе Федерального Собрания РФ, Министерству сельского хозяйства РФ и ФАНО России о необходимости формирования стратегии в сфере генетических ресурсов растений, генетики и эпигенетики, селекции и семеноводства в РФ, сохранения и развития научного наследия академика Николая Ивановича Вавилова. Для этого необходима разработка и совершенствование законов РФ в области генетических ресурсов, селекции и семеноводства.

Решено в 2018 году в марте собрать съезд Всероссийского Общества генетиков и селекционеров (ВОГИС), где рассмотреть вопросы сохранения, развития и координации работы селекционных центров РФ в фокусе стратегических задач – поиск генотипов и устойчивое воспроизводство генетических коллекций, управление агробиоразнообразием, повышение иммунитета агроэкосистем, преодоление опасной экспансии зарубежных сортов и гибридов.

Предложено усилить фундаментальные исследования в области эпигенетики, молекулярной биологии, генетики, геной инженерии, биотехнологии, физиологии, и других областях знаний, в целях повышения конкурентоспособности сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности создать в стране специализированный физиолого-генетический центр.

По предложению Нидерландов инициирован многоцелевой международный агроэкологический проект, ориентированный в соответствии с Указом Президента РФ № 642 от 1.12.2016 на преодоление большого вызова сохранения и приумножения биосферы – развитие генетических исследований, интродукцию, преодоление конфликта технологии и биосферы методами биогеосистемотехники путём создания принципиально новой трансцендентальной (природоподобной) техники и технологии для синтеза дисперсной системы внутреннего слоя почвы, импульсного континуально-дискретного увлажнения почвы, безопасного для окружающей среды рециклинга отходов внутри почвы, что обеспечит опережающее технологическое развитие РФ, конструирование здоровой высокоплодородной почвы, формирование экологически-дружественной устойчивой окружающей среды, расширенное воспроизводство ресурсов, стабилизацию драйверов климата.

Важнейшей сферой деятельности конференция полагает популяризацию идей Н.И. Вавилова.

### **Международная научно-практическая конференция: «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке», посвященная 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова**

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова<sup>а, \*</sup>

<sup>а</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Российская Федерация

**Аннотация.** Международная научно-практическая конференция: «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке», посвященная 130-летию со дня рождения Николая Ивановича Вавилова была проведена 21-22 сентября 2017 г. в Президентском зале РАН.

Н.И. Вавилов организовал 180 экспедиций в 65 стран мира (он не побывал только в Австралии и Антарктиде) собрана самая богатая и уникальная мировая коллекция культурных растений – банк генов более 250 тысяч образцов. На настоящий момент более 70 % сортов сельскохозяйственных культур, возделываемых в России и других странах, созданы на основе мировой коллекции Н.И. Вавилова. Коллекция – наше национальное достояние. В докладах и постерах были отмечены высокая значимость и актуальность научного наследия академика Н.И. Вавилова, озвучены приоритетные научные направления и современные технологии в области агроэкологии, растениеводства, селекции, фитосанитарии, генетики и биотехнологии, сохранения биоразнообразия, защиты окружающей среды. Резолюция конференции содержит обращение к Президенту РФ, Правительству РФ, ГД ФС РФ, МСХ РФ и ФАНО России о необходимости формирования стратегии в сфере генетических ресурсов растений, генетики и эпигенетики, селекции и семеноводства в РФ, разработке и совершенствовании законов РФ в области генетических ресурсов, селекции и семеноводства, сохранение и развитие научного наследия академика Н.И. Вавилова. По предложению Нидерландов инициирован многоцелевой международный агроэкологический проект, ориентированный в соответствии с Указом Президента РФ № 642 от 1.12.2016 на преодоление большого вызова сохранения и приумножения биосферы – развитие генетических исследований, интродукцию, преодоление конфликта технологии и биосферы методами биогеосистемотехники.

**Ключевые слова:** Н.И. Вавилов, генетика, эпигенетика, биоразнообразие, селекция, агроэкология, растениеводство, фитосанитария, защита окружающей среды, биогеосистемотехника.

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [vniif@vniif.ru](mailto:vniif@vniif.ru) (С.К. Темирбекова)