



**ТРУДЫ  
КАРАДАГСКОЙ  
НАУЧНОЙ СТАНЦИИ  
им. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО –  
ПРИРОДНОГО  
ЗАПОВЕДНИКА РАН**

**Выпуск 3(11)**

**2019**

**УДК 06 (477.75)**

**Главный редактор:** Р. В. Горбунов, канд. геогр. наук  
**Заместитель главного редактора:** В. И. Мальцев, канд. биол. наук  
**Технические редакторы:** Е.А. Петлюкова, Л. В. Знаменская

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

П. Н. Баранов, д-р геол.-минерал. наук,  
д-р геол. наук  
М. М. Бескаравайный, канд. биол. наук  
В. А. Боков, д-р геогр. наук  
Ю. И. Будашкин, канд. биол. наук  
Б. А. Вахрушев, д-р геогр. наук  
Ю. В. Глибин  
Н. А. Давидович, канд. биол. наук  
А. В. Ена, д-р биол. наук  
Е. И. Ергина, д-р геогр. наук  
С. П. Иванов, д-р биол. наук  
В. В. Майко, д-р. ист. наук  
В. А. Миноранский, д-р с.-х. наук  
Е. Л. Неврова, д-р биол. наук  
А. А. Пасынков, д-р геол.-минерал. наук

Э. Б. Петрова, д-р ист. наук  
Ю. В. Плугатарь, чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук  
Е. А. Позаченюк, д-р геогр. наук  
М. А. Поляков, канд. биол. наук  
В. В. Рожнов, академик РАН, д-р биол. наук  
А. А. Родионов, канд. ист. наук  
И. И. Руднева, д-р биол. наук  
Ю. А. Силкин, канд. биол. наук  
Т. Н. Смекалова, д-р ист. наук  
А. А. Солдатов, д-р биол. наук  
А. В. Фатерыга, канд. биол. наук  
В. В. Фатерыга, канд. биол. наук  
И. В. Флоринский, д-р техн. наук  
А. Л. Чепалыга, д-р геогр. наук

Все материалы, подаваемые в «Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН», проходят двойное независимое анонимное рецензирование

#### **Адрес редакции**

Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН – филиал  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального  
исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»  
ул. Науки, 24, пгт Курортное, г. Феодосия, Республика Крым, 298188  
Телефон +7 36562 26212  
E-mail: [karadag.trudy@yandex.ru](mailto:karadag.trudy@yandex.ru)

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», 2019

Ассоциация по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных  
«ЖИВАЯ ПРИРОДА СТЕПИ»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А.О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»

КАРАДАГСКАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ им. Т.И.ВЯЗЕМСКОГО –  
ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК РАН

# ТРУДЫ КАРАДАГСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ им. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО – ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА РАН

Научный журнал

---

Основан в мае 2016 г.

Периодическое издание

Выходит 4 раза в год

---

Выпуск 3 (11)  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

---

### Географические, геологические и палеонтологические исследования

---

<i>Лебедев Я.О., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П., Нгуен Т.В., Бобко Н.И., Капранов С.В. Некоторые особенности геохимических миграций в условиях соподчинённых ландшафтов среднегорных тропических лесов южного Вьетнама. . . . .</i>	3
<i>Лысенко В.И. Экспериментальные работы по возрождению к жизни сообществ архей и бактерий миоцена из гераклитов . . . . .</i>	17
<i>Никифорова М.П., Лапченко В.А., Зувев А.В. Динамика максимальных температур воздуха на территории Карадагского заповедника в 2014-2018 гг. . . . .</i>	42
<i>Nguyen Dang Hoi, Ngo Trung Dung, Dang Hung Cuong, Kolesnikov S.I., Tishkov A.A. Transformation and ecological succession of natural – anthropogenic landscapes in Konkakin – Konchurang conservation territory, Vietnam. . . . .</i>	52

---

### Исторические, археологические и искусствоведческие исследования

---

<i>Трушин М.В. Бактериологический институт при Казанском университете: подготовка к открытию и первый Устав. . . . .</i>	72
<i>Сведения об авторах. . . . .</i>	79

---

Association for the Conservation and Recovery of Rare and Endangered Animals  
«LIVING NATURE OF THE STEPPE»  
Federal State Budget Scientific Institution  
Federal Research Center  
«A.O. KOVALEVSKY INSTITUTE OF BIOLOGY OF SOUTHERN SEAS OF RAS»  
T.I. VYAZEMSKY KARADAG SCIENTIFIC STATION –  
NATURE RESERVE OF THE RAS

# PROCEEDINGS OF T.I. VYAZEMSKY KARADAG SCIENTIFIC STATION – NATURE RESERVE OF THE RAS

Scientific Journal

---

Established in May 2016

Periodical

Issued 4 times a year

---

Issue 3 (11)  
2019

## CONTENT

---

### Geographical, Geological and Paleontological Researches

---

- Lebedev Ya.O., Gorbunov R.V., Gorbunova T.Yu., Kuznetsov A.N., Kuznetsova S.P., Nguyen V.T., Bobko N.I., Kapranov S.V.* Peculiarities of formation of radiation balance elements in the mid-mountain tropical forests of southern Vietnam. . . . . 3
- Lysenko V.I.* An experiment on the revival of communities of archaea and miocene bacteria from Heraclites. . . . . 17
- Nikiforova M.P., Lapchenko V.A., Zuev A.V.* Dynamics of highest air temperatures on the territory of the Karadag reserve. . . . . 42
- Nguyen Dang Hoi1, Ngo Trung Dung1, Dang Hung Cuong, Kolesnikov S.I., Tishkov A.A.* Transformation and ecological succession of natural – anthropogenic landscapes in Konkakin – Konchurang conservation territory, Vietnam . . . . . 52
- 

### Historical, Archaeological and Art Researches

---

- Trushin M.V.* Bacteriological Institute at Kazan University: Preparation for the Opening and the First Charter . . . . . 72
- 
- Information about the authors* . . . . . 79
-

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 550.4:911.5(597.253)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МИГРАЦИЙ В  
УСЛОВИЯХ СОПОДЧИНЁННЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГОРНЫХ  
ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА\*

Лебедев Я.О.<sup>1</sup>, Горбунов Р.В.<sup>1,2,3</sup>, Горбунова Т.Ю.<sup>1,2,3</sup>, Кузнецов А.Н.<sup>2,3</sup>,  
Кузнецова С.П.<sup>2,3</sup>, Нгуен В.Т.<sup>2</sup>, Бобко Н.И.<sup>1</sup>, Капранов С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,  
г. Севастополь, Российская Федерация

e-mail: [ya.o.lebedev@yandex.ru](mailto:ya.o.lebedev@yandex.ru), [karadag\\_station@mail.ru](mailto:karadag_station@mail.ru), [gorbunovatyu@gmail.com](mailto:gorbunovatyu@gmail.com),

<sup>2</sup>Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и  
технологический центр, г. Ханой, Социалистическая Республика Вьетнам

<sup>3</sup>ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва,  
Российская Федерация, e-mail: [forestkuz@mail.ru](mailto:forestkuz@mail.ru)

В работе представлены результаты исследований вертикальной и горизонтальной (катенарной) миграции химических элементов в почвах среднегорных коренных тропических муссонных лесов. На базе заложенной катены в пределах локального склона структурной гряды выявлены закономерности смены почвенного покрова и геохимической миграции химических элементов в пределах всех типов элементарных геохимических ландшафтов – от автономных до аккумулятивных. Выявлено существование в почвах нескольких геохимических барьеров характерных для желтозёмов. Показано, что процессы выветривания в комплексе с иными экзогенными геоморфологическими процессами, характерными для рассматриваемой территории, оказывают значительное влияние на геохимические процессы в почвах, а степень их влияния на геохимические процессы зависит от положения элементарного геохимического ландшафта в катене.

**Ключевые слова:** геохимическая миграция, почвы, тропические леса, тяжёлые металлы, геохимическая катена, Вьетнам, национальный парк Бидуп-Нуйба.

### Введение

Почвенные геохимические процессы являются одним из путей массовой миграции вещества и его распределения в системе «растительность – почва – атмосфера». Особенности формирования почв определяются набором факторов, сопутствующих (или препятствующих) процессам геохимической миграции и перераспределения вещества в почвах, в связи чем возникают объективные сложности при выявлении причинно-следственных связей и констатации доминирующего влияния того или иного фактора. Исследование геохимических процессов является актуальной задачей для понимания функционирования системы «растительность–почва–атмосфера»

\* Работа выполнена в рамках НИР Тропического центра Э-1.2 «Сохранение, восстановление и устойчивое использование тропических лесных экосистем на основе изучения их структурно-функциональной организации», раздел «Изучение особенностей структуры и функционирования равнинных и горных экосистем Вьетнама (национальный парк Бидуп-Нуйба)», а также в рамках НИР ФИЦ ИнБЮМ «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий» № АААА-А19-119061190081-9

и биосферы в целом. В настоящее время за тропическими дождевыми лесами признается глобальная роль климатических и геохимических стабилизаторов биосферы (Чертов, 1985), в связи с чем возникает необходимость комплексного исследования взаимодействия всех элементов экотопа тропических дождевых лесов для чёткого понимания происходящих процессов и их последующего влияния на климат и геохимический круговорот веществ.

Вопросам классификации, морфологическим признакам и условиям развития зональных почв влажных тропиков посвящены многочисленные труды (Фридланд, 1964; Чертов, 1985; Шишов и др., 1996), в которых затрагиваются особенности почвообразования, связанные с высокой миграционной активностью, продиктованной специфическими климатическими условиями. Вопросы миграции вещества рассматриваются в работе В.О. Лопес де Гереню и соавторов (Лопес де Гереню и др., 2011), посвящённой исследованиям выделения CO<sub>2</sub> в атмосферу почвами различных биотопов.

Особенности миграции вещества и масс-энергопотоков в системе «растительность – почва – атмосфера» рассматриваются в работе А.В. Тиунова (2011) в рамках исследования экосистем муссонных лесов, однако работа посвящена в первую очередь растительным сообществам, структуре и сезонной динамике комплекса почвенной мезофауны, динамике поступления и деструкции растительного опада и микробной активности почвы.

Изменения физико-химических свойств тропических почв в пределах катен, расположенных, в первую очередь, в различных биотопах, описаны в работе И.А. Соколова (2004). Отличительные особенности физических свойств почв, развивающихся в пределах различных макроскульптур, представлены в работе А.Н. Кузнецова (2015). В публикации Р.В. Горбунова и соавторов (2018) рассмотрены особенности структуры и функционирования горных тропических ландшафтов, в том числе приведён физико-химический анализ почв, рассмотрены вертикальные миграции в пределах почвенных разрезов. Вопросы же, посвящённые миграции химических элементов в соподчинённых ландшафтах горных тропических лесов до сих пор остаются слабо разработанными.

В представляемой работе нами предпринимается попытка проследить геохимическую миграцию отдельных элементов (в том числе тяжелых металлов) как вертикальную по профилю, так и горизонтальную – посредством катены.

В связи с тем, что в условиях горной местности процессы почвообразования приобретают уникальные черты и усложняются процессами перераспределения вещества, которые, в свою очередь, зависят от множества факторов: степени увлажнения, растительности, крутизны склонов, механического состава, близости грунтовых вод и других, в целях изучения геохимических миграций, перераспределения вещества в соподчинённых ландшафтах и формирования представлений об особенностях процессов перераспределения вещества соподчинённых ландшафтах, было необходимо решить следующие задачи:

1) выбор наиболее подходящего маршрута катены, в рамках которого было бы максимально представлено разнообразие ландшафтных обстановок в пределах ландшафтно-экологического стационара;

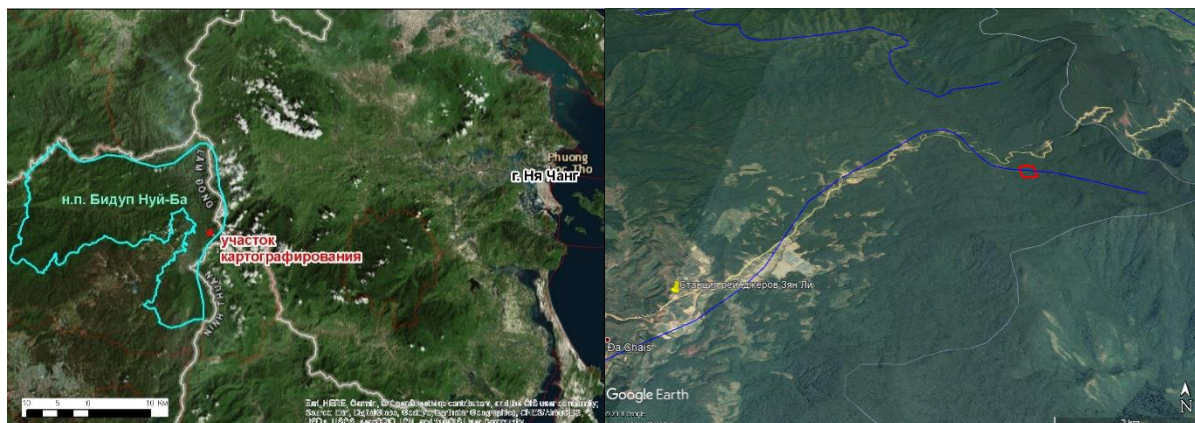
2) закладка, описание и типологическое определение почв, геохимический анализ отобранных образцов горизонтов почв;

3) выполнение лабораторных физико-химических анализов, в том числе на определение тяжёлых металлов.

4) Выявление особенностей процессов перераспределения вещества в соподчинённых ландшафтах в границах стационара.

## Материал и методы исследований

В Национальном парке Бидуп-Нуйба (провинция Ламдонг, Южный Вьетнам) был выбран ключевой участок леса (рис. 1), на котором проводились дальнейшие исследования.



**Рис. 1.** Национальный парк Бидуп-Нуйба. Контур территории обозначен линией голубого цвета. Справа – площадка исследования в среднем масштабе (красный контур)

Обоснование выбора территории для создания ландшафтно-экологического стационара приведено в предыдущих работах авторов (Котлов и др., 2018; Горбунов и др., 2018). Почвенные разрезы заложенной нами катены были приурочены к элементам структурно-денудационного рельефа – на вершине гряды, склоне структурной гряды, подошве склона. Один разрез был расположен у подножия склона на острове, образуемом периодическим водотоком, вследствие чего он может быть отнесён к структурно-флювиальному рельефу. Расположение почвенных разрезов наложено на схему генетических типов ландшафтов отображено на схеме (рис. 2). Определение элементов и тяжелых металлов в отобранных образцах производилось на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой PlasmaQuant MS Elite S-NR:11-6000ST043 на базе научно-образовательного центра коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ.

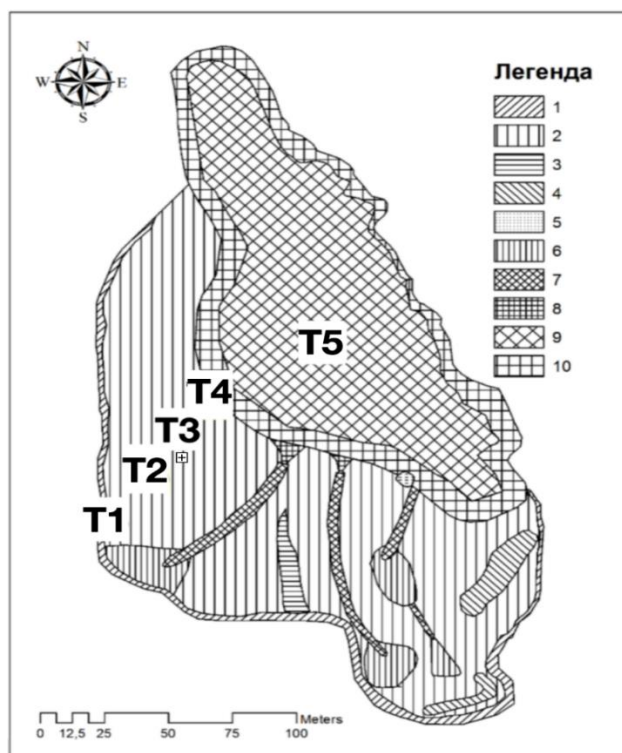
## Результаты и обсуждение

На геохимические процессы в почвах оказывают влияние разнообразные, протекающие параллельно, экзогенные процессы. Вследствие климатических особенностей территории, наиболее значимыми экзогенными, в т.ч. рельефообразующими процессами являются физическое и химическое выветривание, склонные процессы солифлюкционного и дефлюкционного смещения, а также долинные эрозионные процессы, деятельность которых не позволяет сформироваться мощному чехлу рыхлых отложений, особенно на склонах (Шишов и др., 1996). Так, например, точки Т3, Т4 характеризуются расположением на солифлюкционном склоне в транс-аккумулятивных и аккумулятивных условиях соответственно, в то время, как Т2 располагается в транс-аккумулятивных условиях на дефлюкционном склоне. Точка Т1 располагается в автоморфных условиях на вершине гряды, а Т5 расположена на острове у подножия гряды.

Описание исследованных почвенных разрезов представлено в таблицах 1–5, внешний вид разрезов представлен на рис. 3.

Почвенный профиль желтозёма маломощного оподзоленного супесчано-суглинистого лессивированного на каолиновой коре выветривания (Т1),

расположенный в автоморфных условиях, характеризуется закономерным уменьшением содержания тонкопесчаных частиц параллельно с увеличением содержания пылеватых частиц и общим уплотнением к минеральному горизонту. В данном разрезе также отмечается закономерная тенденция уплотнения почвы к минеральному горизонту вследствие лессиважа.



**Рис. 2.** Местоположение почвенных разрезов. Т1–Т5 – почвенные разрезы, генетические типы рельефа (Горбунов и др., 2018): *структурно-денудационный рельеф*: 1 – гребень структурной гряды; 2 – склоны структурной гряды; 3 – поверхность гребня межложбинной гряды; 4 – структурные террасы; 5 – скальный отторженец; *структурно-эрозионный рельеф*: 6 – водосборные понижения на поверхности структурных гряд; 7 – ложбины; 8 – конусы выноса; *структурно-флювиальный рельеф*: 9 – остров; 10 – русло реки

**Таблица 1.**

**Желтозём маломощный оподзоленный супесчано-суглинистый лессивированный на каолиновой коре выветривания (Т1)**

Горизонт	Глубина (мощность)	Описание горизонта
Ао	(3 см)	опад листьев и желудей, хвои и шишек, веточек разной степени разложённости, свежий, рыхлый, граница ровная, переход резкий
At	0–12 см (12 см)	цвет 5YR1/3, рыхлый, свежий, оторфованный, бесструктурный, порошистый, сложение: слабо пластичное, не липкое, новообразований нет, включений нет, живая фаза: мелкие и средние корни растений D=0,1–10 см, граница ровная, переход резкий по цвету и механическому составу
A1	12–18 см, затёки до 40 см (6 см до 28 см)	цвет 5YR1/1, уплотнённый, свежий, средняя супесь, мелко- и среднекомковатый, сложение: не липкое, слабо пластичное, новообразований нет, включения: отмытые зёрна кварца, живая фаза: средние и крупные корни растений D=до 5 см, граница слабо волнистая, переход резкий по цвету
A2	18–22/25 см (4–7 см)	цвет 5YR6/1, сильно уплотнённый, свежий, средний суглинок, бесструктурный, сложение: не липкое, сильно пластичное, новообразования: жёлтые примазки, включений нет, живая фаза: единичные корни растений D=1 см, граница затёчная, переход резкий по цвету



Продолжение таблицы 1.

В	22/25–35/45 см (10–23 см)	цвет 7,5YR7/10, плотный, свежий, тяжёлый суглинок, крупноглыбистый и столбчатый, сложение: не липкое, пластичное, новообразований нет, включения: затёки гумуса до 40 см, живая фаза: единичные мелкие корни растений, граница волнистая, переход ясный по цвету
С	35/45–60 см (видимая 15–25 см)	цвет 7,5YR5/10, окраска неоднородная, плотный, свежий, тяжёлый суглинок, мелкокомковатый, сложение: липкое, слабо пластичное, новообразования: красные примазки, включений нет, живая фаза: единичные мелкие корни, граница и переход не прослеживаются

Таблица 2.

**Желтозём маломощный слабоподзоленный среднесуглинистый  
лессивированный на щебнисто-каменном делювии дацитов (Т2)**

Горизонт	Глубина (мощность)	Описание горизонта
Ао	(2 см)	листья и ветки разной степени разложённости, рыхлый, сухой, граница ровная, переход резкий
At	0–5 см (5 см)	цвет 7,5YR1/2, рыхлый, сухой, оторфованный, бесструктурный и порошистый, сложение: слабо липкое, не пластичное, новообразований нет, включений нет, живая фаза: многочисленные корни растений D=1 мм–1 см, граница слабоволнистая, переход ясный по цвету
A1	5–7/12 см (2–7 см)	цвет 7,5YR2/3, рыхлый, сухой, средняя супесь, мелкокомковатый и порошистый, сложение: липкое, не пластичное, новообразований нет, включений нет, живая фаза: многочисленные корни растений D=0,5–1 см, граница волнистая, переход резкий по цвету и механическому составу
AeB	7/12–25 см (13–18 см)	цвет 7,5YR4/6, уплотнённый, свежий, средняя супесь, мелкокомковатый, сложение: слабо липкое, слабо пластичное, новообразований нет, включения: многочисленная дресва D=5–7 мм, живая фаза: корни растений D=2–3 мм – 2 см, граница слабо волнистая, переход постепенный по механическому составу
BC	25–66 см (видимая 41 см)	цвет 7,5YR4/8, окраска неоднородная с красными примазками, сильно плотный, свежий, средний суглинок, мелко-, среднекомковатый, сложение: липкое, пластичное, новообразований нет, включения: многочисленная дресва красного и серого цвета D=5–7 мм единичные до 8 см, живая фаза: единичные корни растений D=1–2 мм, граница и переход не прослеживаются

Таблица 3.

**Желтозём маломощный супесчаный лессивированный на щебнисто-каменном  
делювии дацитов (Т3)**

Горизонт	Глубина (мощность)	Описание горизонта
Ао	(2 см)	листья разной степени разложённости, сухой, рыхлый, поверхность слабо волнистая, наклонная 40°, граница ровная, переход резкий
Ad	0–6/8 см (6–8 см)	цвет 7,5YR2/4, рыхлый, свежий, тяжелая супесь, мелко- и среднекомковатый, сложение: не липкое, не пластичное, новообразований нет, включения: многочисленные включения дресвы, живая фаза: многочисленные мелкие и средние корни растений D=3–5 мм, граница слабоволнистая, переход чёткий по цвету
AeB	6/8–31/45 см (23–37 см)	цвет 5YR5/10, окраска неоднородная из-за включений, сильно уплотнённый, свежий, лёгкий суглинок, мелко- и среднекомковатый, сложение: липкое, сильно пластичное, новообразований нет, включения: многочисленные крупные обломки дацитов, дресва D=3–5 см, живая фаза: немногочисленные крупные корни D=3–4 мм до 2 см, граница слабоволнистая, переход ясный по цвету и включениям
C1	31/45– 78/90 см (45–59 см)	цвет 2,5YR3/8, окраска неоднородная из-за включений, уплотнённый, свежий, тяжелая супесь, мелкокомковатый, сложение: сильно липкое, сильно пластичное, новообразования: тонкие плёнки Мп по трещинам дацитов, включения: многочисленные дресва, щебень, обломки плит дацитов D= до 45–50 см, живая фаза: единичные мелкие и средние корни D=2–5 мм, граница слабоволнистая, переход ясный по цвету

Продолжение таблицы 3.

C2	78/90– 118/126 см (28–48 см)	цвет 5YR5/8, окраска неоднородная из-за включений, уплотненный, свежий, лёгкий суглинок, мелкокомковатый, сложение: слабо липкое, пластичное, новообразования: тонкие плёнки Mn по трещинам дацитов, включения: многочисленные дресва D=2–4 мм, обломки плит и валунов дацитов D= до 15–20 см, живая фаза: мелкие корни D=2–3 мм, граница неровная, переход резкий по механическому составу
D	118/126–140 см (видимая 14–22 см)	дациты монолитного сложения, незначительная трещиноватость, граница и переход не прослеживаются

Таблица 4.

**Желтозём глееватый легкосуглинистый на делювии каолининовой коры  
выветривания (Т4)**

Горизонт	Глубина (мощность)	Описание горизонта
Ao	(2 см)	листья и ветки разной степени разложенности, рыхлый, свежий, граница ровная, переход резкий
Ad	0–3 см (3 см)	цвет 7,5YR4/6, рыхлый, влажный, легкий суглинок, мелко- и среднекомковатый, сложение: липкое, сильно пластичное, новообразований нет, включений нет, живая фаза: многочисленные мелкие и средние корни растений, граница слабо волнистая, переход заметный по цвету и живой фазе
A	3–5/13 см (2–10 см)	цвет 7,5YR5/6, рыхлый, влажный, легкий суглинок, мелко- и среднекомковатый, сложение: сильно липкое, сильно пластичное, новообразований нет, включений нет, живая фаза: единичные корни растений D=2 мм–1,0 см, граница затёчная, переход заметный по цвету
AB	5/13 – 44/47 см (31–42 см)	цвет 7,5YR6/10, уплотненный, влажный, легкий суглинок, мелко- и среднекомковатый, сложение: сильно липкое, сильно пластичное, новообразований нет, включения: обломки угля D=1,0–1,5 см неясного происхождения, живая фаза: единичные корни растений D=1,0–1,5 см, граница волнистая, переход заметный по цвету
B	44/47–74/84 см (30–40 см)	цвет 7,5YR6/10, уплотненный, влажный, легкий/средний суглинок – более оглиненный, чем AB, ореховатый и мелкокомковатый, сложение: липкое, сильно пластичное, новообразований нет, включений нет, живая фаза: единичные корни растений D=2–4 мм, граница неровная, переход постепенный по плотности и механическому составу
Bg	74/84–150 см (66–76 см)	цвет 7,5YR5/10, окраска неравномерная с сизыми пятнами и красными примазками, уплотненный, влажный, средний суглинок, мелкоореховатый и мелкокомковатый, сложение: липкое, сильно пластичное, новообразования: следы оглеения, включений нет, живая фаза: единичные мелкие корни растений D=1–2 мм, граница слабо волнистая, переход резкий по цвету
G	150–161 см (видимая 11 см)	цвет 5BG7/1–5BG6/1, окраска неравномерная с красными и тёмно-рыжего цвета, плотный, влажный, средний суглинок, мелко- и среднеореховатый, сложение: сильно липкое, сильно пластичное, новообразования: мощное оглеение, включений нет, живая фаза: единичные корни растений D=2 мм, граница и переход не прослеживаются

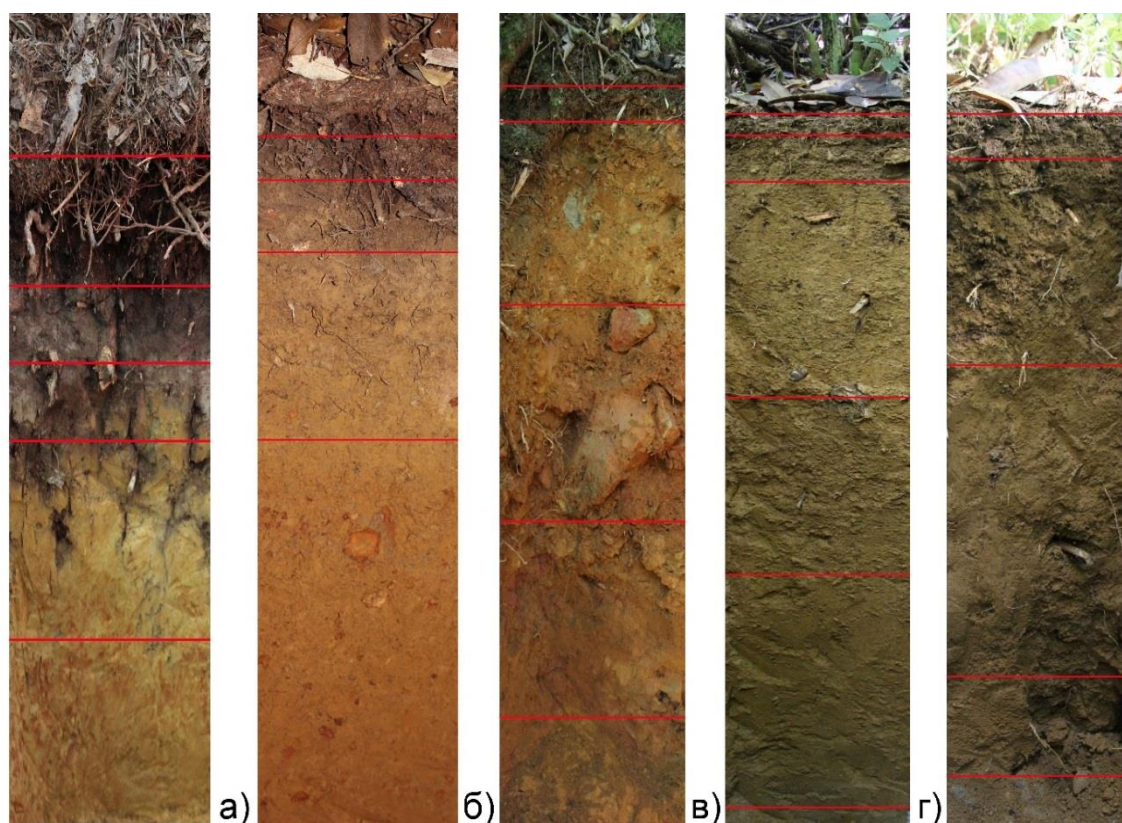
Таблица 5.

**Аллювиально-флювиальная легкосуглинистая почва на песчаном и галечниково-  
валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника (Т5)**

Горизонт	Глубина (мощность)	Описание горизонта
Ao	(2 см)	листья разной степени разложенности, мокрый, рыхлый, граница ровная, переход резкий
Ad	0–5 см (5 см)	цвет 7,5YR4/6, свежий, рыхлый, легкий суглинок, мелко и среднекомковатый, сложение: липкое, пластичное, новообразований нет, включений нет, живая фаза: мелкие корни растений, граница неровная с затёком, переход заметный по цвету и живой фазе

Продолжение таблицы 5.

A1	5–20/32 см (15–27 см)	цвет 7,5YR5/8, свежий, рыхлый, легкий суглинок, мелко и среднекомковатый, сложение: пластичное, слабо-липкое, новообразования нет, включений нет, живая фаза: немногочисленные крупные корни (меньше, чем в Ad), граница неровная, переход слабо заметный по цвету затёков
B1	20/32–68 см (36–48 см)	цвет 7,5YR6/14, свежий, уплотнённый с увеличением плотности к нижней части горизонта, легкий суглинок, мелко и среднекомковатый, сложение: слабо липкое, сильно пластичное, новообразований нет, включения: мелкая дресва D=3–4 мм, живая фаза: немногочисленные корни растений D=5–6 мм, граница слабо волнистая, переход слабо заметный по механическому составу
B2	68–86 см (18 см)	цвет 7,5YR6/12, свежий, плотный, средний суглинок (сильно опесчаненный), мелкокомковатый, сложение: средне липкое, пластичное, новообразований нет, включения: многочисленные андезитовые средний песок и дресва, живая фаза: единичные корни D=5–6 мм, граница слабоволнистая, переход ясный по включениям
BC	86–88 см (видимая 2 см)	цвет 7,5YR6/12, свежий, плотный, средний суглинок (сильно опесчаненный), мелкокомковатый, сложение: средне липкое, пластичное, новообразований нет, включения: многочисленные андезитовые и красноцветные щебень и валуны D=до 10 см и более, живой фазы нет, граница и переход не прослеживаются



**Рис. 3.** Общий вид описываемых разрезов: а) желтозём маломощный оподзоленный супесчано-суглинистый лессивированный на каолиновой коре выветривания (Т1); б) желтозём маломощный слабооподзоленный среднесуглинистый лессивированный на щебнисто-каменном делювии дацитов (Т2); в) желтозём маломощный супесчаный лессивированный на щебнисто-каменном делювии дацитов (Т3); г) желтозём глееватый легко-суглинистый на делювии каолиновой коры выветривания (Т4); д) аллювиально-флювиальная легкосуглинистая почва на песчаном и галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника. Красными линиями отмечены границы почвенных горизонтов (Т5)

Водопрочность агрегатов, при этом, уменьшается в обратной последовательности, что может быть объяснено уменьшением гумуса и Са, обеспечивающих прочность агрегатов, с глубиной. Вымывание гумуса и Са происходит во время обильных осадков, вследствие чего можно предположить, что процесс лессиважа и снижение водопрочности почвенных агрегатов зависят от этого напрямую. Как следствие, почва лёгкого механического состава имеет большую водопрочность по сравнению с почвами тяжёлого механического состава. Бесструктурность горизонтов At и A2 (как и образование горизонта A2) объясняется автоморфными условиями, исключая поступление вещества со склоновыми процессами и его вовлечение в почвообразовательные процессы.

Почвенный профиль желтозёма маломощного слабоподзоленного среднесуглинистого лессивированного на щебнисто-каменном делювии дацитов (T2), расположенный в транс-аккумулятивных условиях, также характеризуется закономерным уменьшением содержания тонкопесчаных частиц параллельно с увеличением содержания пылеватых частиц и общим уплотнением к минеральному горизонту. Вследствие процесса лессиважа происходит постепенное уплотнение почвенной массы к минеральному горизонту. Водопрочность горизонтов снижается от гумусового горизонта к минеральному. Содержание гумуса в большей степени влияет на водопрочность почвенных агрегатов, по сравнению с концентрацией Са, и вне зависимости от механического состава почвы.

Почвенный профиль желтозёма маломощного супесчаного лессивированного на щебнисто-каменном делювии дацитов (T3), расположенный в транс-аккумулятивных условиях, в нижней части склона структурной гряды, характеризуется формированием иллювиального горизонта, с незначительным накоплением глинистых частиц по сравнению с выше и ниже лежащими горизонтами. Транс-аккумулятивные условия осложняются существенным наклоном поверхности склона, в пределах которого был заложен почвенный разрез. Сохраняется закономерная тенденция уплотнения почвы к минеральному горизонту вследствие лессиважа. Водопрочность агрегатов уменьшается от гумусового горизонта к минеральному, и характерная не только для легкосуглинистого механического состава горизонта AeB, но и для тяжелосупесчаных гумусового Ad и минерального C1 (коагуляция гумусовых кислот Fe, высокое содержание Fe и Са). В основании разреза вскрываются плиты дацитов, над которыми залегает слой из их обломков. Предположительно, ниже по склону обломки дацитов могут находиться ближе к поверхности почв, однако данное предположение ещё не проверялось.

Почвенный профиль желтозёма глееватого легкосуглинистого на делювии каолиновой коры выветривания (T4), расположенный в аккумулятивно-транс-аккумулятивных условиях, также характеризуется увеличением плотности от гумусового горизонта к минеральному. Водопрочность почвенных агрегатов уменьшается вниз по профилю вследствие снижения аэрации с увеличением плотности к минеральным горизонтам (оглеенным), и связано с переходом в оглеенных горизонтах окисных форм железа в закисные. Процесс лессиважа выражен неявно вследствие поступления вещества в верхние горизонты со склоновыми процессами. Аллювиальные отложения, характерные для аллювиально-флювиальной легкосуглинистой почвы (T5) здесь вскрыты не были. Существенное оглинение оглеенных минеральных горизонтов позволяет предположить, что почва развивается на глинистой коре выветривания, выходы которой обычно приурочены к речным долинам и межгорным понижениям.

Почвенный профиль аллювиально-флювиальной легкосуглинистой почвы на песчаном и галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника (T5) характеризуется уменьшением содержания тонкопесчаных частиц параллельно с увеличением содержания пылеватых частиц, увеличением количества включений и общим уплотнением к минеральному горизонту. Минеральный горизонт представлен

крупновалунно-галечниковым аллювиальным материалом неоднородного состава. Это объясняется его расположением на острове, граничащим с руслом постоянного водотока (реки). Выходы галечникового аллювия, пролювия отмечаются с обеих сторон северной оконечности острова. Почвенные агрегаты, несмотря на лёгкий состав, отличаются хорошей водопрочностью во всех горизонтах почвенного профиля.

Описание общих физико-химических характеристик желтозёмов исследуемого региона было дано нами ранее (Горбунов и др., 2018), выявленные закономерности касались размера и соотношения почвенных фракций: уменьшение содержания тонкопесчаных частиц к иллювиальному и минеральному горизонтам, параллельно с увеличением содержания пылеватых частиц в минеральном, а глинистых частиц – в иллювиальном горизонтах соответственно. Было отмечено снижение показателя рН от гумусового горизонта к минеральному; уменьшение ёмкости катионного обмена к аллювиальному горизонту и рост значения к минеральному горизонту и другие закономерности.

Процессы миграции вещества, в том числе тяжелых металлов, с одной стороны, являются следствием активно протекающих экзогенных процессов и гипергенеза горных пород, с другой стороны, являются причиной возникновения уникальных черт различных почвообразовательных процессов. Нами были выполнены определения тяжелых металлов (Mn, Cu, Zn, Sr, Pb), щелочных элементов, участвующих в агрегации (флокуляции) почвенных частиц (Mg, Ca, K), а также диагностически важные элементы желтозёмов (Si, Al, Fe, Ti). Результаты определений представлены в таблицах 6–10.

**Таблица 6.**

**Химические свойства желтозёма маломощного оподзоленного супесчано-суглинистого лессивированного на каолиновой коре выветривания (Т1)**

Горизонт	Элементы												
	pH H <sub>2</sub> O	K мг/кг	Mg мг/кг	Ca мг/кг	Si г/кг	Al г/кг	Fe г/кг	Ti мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
At	4,5	342,6	199,0	33,03	3,80	5,01	1,51	69,65	11,04	3,09	9,91	2,27	6,20
A1	5,1	404,0	2229,0	114,4	0,56	49,20	36,92	491,6	105,0	11,85	109,9	5,18	34,45
A2	4,9	179,5	170,0	23,49	0,24	14,22	2,64	20,46	12,30	1,39	12,01	2,36	18,91
B	5,8	628,2	354,0	3,20	1,69	32,35	30,85	17,57	15,14	5,38	12,81	3,49	50,91
C	6,7	893,2	262,0	0,86	8,16	25,87	27,77	4,90	38,32	11,41	19,91	4,43	62,61

**Таблица 7.**

**Химические свойства желтозёма маломощного среднесуглинистого слабооподзоленного лессивированного на щебнисто-каменном делювии дацитов (Т2)**

Горизонт	Элементы												
	pH H <sub>2</sub> O	K мг/кг	Mg мг/кг	Ca мг/кг	Si г/кг	Al г/кг	Fe г/кг	Ti мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
At	4,2	371,0	377,0	21,04	0,93	12,09	6,51	78,57	16,13	5,54	14,82	1,46	8,28
A1	5,6	242,0	206,0	17,01	1,44	43,64	28,19	180,1	17,74	5,35	11,86	1,52	11,73
AeB	6,7	472,6	226,0	129,6	0,91	52,29	45,72	106,2	11,70	7,93	31,31	2,24	12,65
BC	6,9	159,8	307,0	4,25	1,40	70,57	57,92	116,3	15,94	7,75	14,23	2,96	11,17

Расположение желтозёма маломощного оподзоленного супесчано-суглинистого лессивированного (Т1) в автоморфных условиях позволяет оценить распределение вещества по горизонтам в отсутствии влияния внешнего склонового привноса.

**Таблица 8.**

**Химические свойства желтозёма маломощного супесчаного лессивированного на  
щебнисто-каменном делювии дацитов (Т3)**

Горизонт	Элементы												
	pH H <sub>2</sub> O	K мг/кг	Mg мг/кг	Ca мг/кг	Si г/кг	Al г/кг	Fe г/кг	Ti мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
Ad	5,6	511,1	708,0	26,47	0,78	69,86	47,00	475,4	27,86	19,46	18,61	1,97	16,75
AeB	5,7	1341,9	7160,0	1,98	2,84	92,15	54,42	687,4	109,3	39,72	35,09	1,35	17,13
C1	6,2	206,4	2323,0	11,69	0,51	85,88	116,0	582,8	183,4	43,07	28,11	4,75	27,71
C2	6,3	151,8	780,0	9,39	5,55	52,62	97,15	528,8	487,4	39,33	27,03	1,45	11,66
D	5,7	170,4	42070,0	0,00	1,68	126,6	108,6	1798,4	1232,9	40,70	174,2	7,20	5,93

**Таблица 9.**

**Химические свойства желтозёма глееватого легкосуглинистого на делювии  
каолининовой коры выветривания (Т4)**

Горизонт	Элементы												
	pH H <sub>2</sub> O	K мг/кг	Mg мг/кг	Ca мг/кг	Si г/кг	Al г/кг	Fe г/кг	Ti мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
At	4,2	371,0	377,0	21,04	0,93	12,09	6,51	78,57	16,13	5,54	14,82	1,46	8,28
A1	5,6	242,0	206,0	17,01	1,44	43,64	28,19	180,1	17,74	5,35	11,86	1,52	11,73
AeB	6,7	472,6	226,0	129,6	0,91	52,29	45,72	106,2	11,70	7,93	31,31	2,24	12,65
BC	6,9	159,8	307,0	4,25	1,40	70,57	57,92	116,3	15,94	7,75	14,23	2,96	11,17

**Таблица 10.**

**Химические свойства аллювиально-флювиальной легкосуглинистой почвы на  
песчаном и галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и  
песчаника (Т5)**

Горизонт	Элементы												
	pH H <sub>2</sub> O	K мг/кг	Mg мг/кг	Ca мг/кг	Si г/кг	Al г/кг	Fe г/кг	Ti мг/кг	Mn г/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
Ad	5,7	411,4	2099,0	105,7	0,93	49,76	38,98	471,4	245,6	11,34	79,64	5,25	38,10
A1	6,6	326,1	2274,0	93,72	12,19	58,63	44,61	593,1	195,6	10,80	98,09	5,62	45,33
B1	7,2	318,6	2669,0	53,16	12,69	58,78	48,61	550,7	270,1	13,21	129,1	4,89	45,86
B2	7,5	217,2	1542,0	32,86	0,81	56,99	48,18	405,0	224,2	9,35	63,53	3,97	32,63
BC	7,4	756,9	4819,0	109,3	1,97	73,82	47,48	559,5	403,0	15,08	133,1	4,60	53,52

Следует отметить, что изменение реакции почвенного раствора чётко коррелирует с соотношением K, Ca, Mg, Sr и Al, Fe, Zn – от слабокислой к нейтральной. С изменением механического состава горизонтов A1–A2 возникает сорбционный глинистый барьер, в результате чего происходит существенная аккумуляция всех, за исключением Si, элементов. Такое распределение Si (минимум в гумусовых (0,56 мг/кг) и увеличение к минеральным горизонтам (8,16 мг/кг)) отражает его вовлечение в биологический круговорот (Воронков, Кузнецов, 1984) (в данном случае – посредством хвойных растений) и последующее поступление с растительным опадом (горизонт At – 3,8 мг/кг). Из элювиального горизонта A2 происходит вынос вещества с накоплением в иллювиальном горизонте B и последующей закономерной миграцией в минеральный горизонт C – с увеличением (K – 832 мг/кг, Si – 8,16 г/кг, а также тяжелые металлы Mn –

38,32 мг/кг, Cu – 11,41 мг/кг, Zn – 19,91 мг/кг, Sr – 4,43 мг/кг, Pb – 62,61 мг/кг) или уменьшением концентрации (Ca-Mg, а также Al-Fe-Ti). Снижение концентрации содержания Ti по профилю и его пик в горизонте A1, вероятнее всего, являются следствием его продолжительной миграции (из автоморфных условий в транс-аккумулятивные вниз по склону), а также поступлением в гумусовые горизонты с растительным опадом. На продолжительную по времени суммарную миграцию может указывать уменьшение концентрации отдельных элементов в почве при движении от вершины к подножию гряды и следует оценивать по желтозёму маломощному среднесуглинистому лессивированному (T2) в рамках исследуемой катены. Полученные результаты демонстрируют закономерное распределение вещества при участии гравитационной воды и отсутствии поверхностного смыва и переноса вещества.

Почвенный разрез желтозёма маломощного среднесуглинистого лессивированного (T2) заложен в верхней части склона, ниже желтозёма маломощного оподзоленного супесчано-суглинистого лессивированного (T1) в транс-аккумулятивных условиях на полого-наклонном склоне структурной гряды. Результаты анализа профиля демонстрируют черты, свойственные почвам автоморфных и аккумулятивно-транс-аккумулятивных условий. Реакция среды почвенного раствора постепенно сменяется от кислой к нейтрально-слабо-щелочной. Al, Fe и Sr постепенно накапливаются с глубиной, в то время как остальные элементы имеют два пика концентрации. Первый пик связан с поступлением вещества с опадом и коагуляции гумусовых коллоидов – концентрация K (371 мг/кг), Mg (377 мг/кг) и Ca (21,04 мг/кг). Второй пик относится к механическому барьеру среднесупесчаного эллювиально-иллювиального горизонта AeB и среднесуглинистого минерального горизонта BC – K (472,6 мг/кг) и Ca (129,6 мг/кг), а также ряда тяжёлых металлов – Cu, Zn и Pb (7,93 мг/кг, 31,31 мг/кг и 12,65 мг/кг соответственно), Si, Ti, напротив, активно вымываются из эллювиально-иллювиального горизонта AeB в горизонт BC с концентрациями 1,4 г/кг и 116,3 мг/кг, соответственно. Концентрации Ti отражают тенденцию к поступлению в почву с опадом (78 мг/кг), концентрацию в гумусовом горизонте (180 мг/кг) и последующую миграцию вниз по профилю. По сравнению с желтозёмом маломощным оподзоленным супесчано-суглинистым лессивированным (T1) концентрация Ti в почве увеличилась, что, вероятнее всего, связано с его поступлением в результате склоновой миграции из автоморфных условий. Увеличением общей концентрации можно объяснить и возросшее поступление с опадом в горизонт At (78 мг/кг против 69 мг/кг), это утверждение справедливо для всех элементов, кроме Ca, Sr и Si, концентрация которых в горизонте At уменьшилась (21,04 против 33,03 мг/кг, 1,46 против 2,27 мг/кг и 0,93 против 2,8 г/кг, соответственно).

Транс-аккумулятивные условия желтозёма маломощного супесчаного лессивированного (T3), осложнённые существенным наклоном поверхности склона, приводят не только к миграции вещества вниз по почвенному профилю, но и к активной поверхностной миграции, на что указывают существенные «затёки» начиная от верхнего гумусового горизонта – по всем определяемым показателям по сравнению с расположенным выше разрезом желтозёма маломощного оподзоленного супесчано-суглинистого (T1). Нейтральная, в целом, реакция почвенного раствора, меняется на слабокислую в гумусовом горизонте (влияние органических кислот) и минеральном (материнская порода, скала) горизонте D (нейтральные, кислые дациты) – 5,6–5,7 соответственно. K и Ca, а также Mg сконцентрированы в гумусовых горизонтах Ad-AeB – 1341 мг/кг, 26,47 мг/кг и 7160 мг/кг соответственно, вследствие коагуляции гумусовых коллоидов кальцием, увеличением доли пылеватых частиц и накоплением K и Mg. В целом, поверхностный сток и накопление пылеватых частиц в верхнем горизонте могли привести к формированию механического барьера, на что косвенно указывает поведение K, слабо мигрирующего по профилю механически тяжёлых почв. Группа тяжёлых

металлов Mn, Cu, Zn, Pb имеют разные миграционные тренды – для Mn это постепенная концентрация к минеральному/коренному горизонту D (28–1233 мг/кг); остальные, в зависимости от механического состава в горизонтах C1–C2 – при переходе от тяжёлосупесчаного к лёгкосуглинистому – Cu постепенно накапливается к минеральным горизонтам (19–43 мг/кг), происходит снижение скорости миграции Zn (18–35 мг/кг) к иллювиальному горизонту с пиком к коренной породе, формируется механический барьер Pb (27 мг/кг) в тяжелосупесчаном горизонте C1 (против 11 мг/кг в C2), вследствие его низкой подвижности. Пик концентрации Mg, Ti, Mn, Al и Fe в минеральном/коренном горизонте D объясняется химическим составом дацитов, для которых характерно высокое содержание K, Mg (42070,0 мг/кг), Mn (1232,9 мг/кг), Ti (1798,4 мг/кг) – последний также выступает важным диагностическим элементом при выделении желтоземных почв.

Разрез желтозёма легкосуглинистого глееватого (Т4) расположен в аккумулятивно-транс-аккумулятивных условиях у подножия структурной гряды в долине реки. Реакция почвенного раствора меняется от нейтральной к слабощелочной, с возвратом к нейтральной в горизонте BG (что связано с окислительно-восстановительной реакцией  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ , а также значительным содержанием Al (93,17 г/кг)). Соединения гидрооксидов  $Fe^{3+}$ , находящиеся в почве в виде коллоидных растворов, существенно осложняют инфильтрацию воды в обоих направлениях. При этом отмечается переход соединений железа  $Fe^{2+}$  в форму соединений железа  $Fe^{3+}$  в результате аэрации горизонта BG, G в сухой период года, о чём свидетельствуют перемежающиеся сизые и красные примазки и пятна. Горизонт G, в целом, имеет более однородный сизо-серый цвет. Грунтовые воды находятся достаточно близко и могут влиять на ход почвообразования, однако судить об этом не представляется возможным в силу небольшой выборки разрезов, заложенных в аналогичных условиях. Разрез характеризуется постепенным уплотнением к минеральным горизонтам, однако сорбционного глинистого барьера, сопровождающего процессы оглинения, и в том числе оглеения, не наблюдается. Mg имеет тренд на увеличение концентрации к минеральным горизонтам, с максимум в горизонте G (3226,0 мг/кг). Близкие к этому значения наблюдались нами только в аллювиально-флювиальной легкосуглинистой почве (Т5), что наталкивает на мысль о схожих процессах формирования данных почв. Как уже отмечалось выше, высокие концентрации Ti, K, Mg и Mn обусловлены их содержанием в почвообразующих породах. Высокое суммарное содержание щелочных и щелочно-земельных элементов (K и Ca, Mg, Sr, соответственно) обуславливает нейтральную реакцию среды и снижает скорость миграции ряда тяжёлых металлов (Mn, Zn, Sr, Pb), что ведёт к их аккумуляции (Mn – 224,41 мг/кг; Zn – 143, 47 мг/кг; Pb – 40,86 мг/кг и т.д.). Концентрация K и Ca уменьшается в гумусовых горизонтах с глубиной (456,8–350,0 мг/кг и 136,16–74,43 мг/кг, соответственно), однако в связи с увеличением плотности минеральных горизонтов, концентрация K вновь возрастает (до 538,6 мг/кг). В целом, высокие концентрации исследованных элементов позволяют сделать вывод о значительной миграции вещества с последующим накоплением в аккумулятивно-транс-аккумулятивных и аккумулятивных обстановках, приуроченных к межрядовому понижению в долине реки, к острову.

При анализе аллювиально-флювиальной легкосуглинистой почвы (Т5) выявлено, что реакция среды водного почвенного раствора меняется вниз по почвенному профилю от нейтральной до слабощелочной. Вместе с тем, аналогичный тренд имеют щелочные и щелочноземельные элементы (K и Ca, Mg, Sr, соответственно) – их концентрация постепенно снижается к минеральному горизонту, достигая там пика – 870 мг/кг для K+(Ca+Sr) и 4,8 г/кг для Mg. На фоне слабощелочной реакции минеральных горизонтов, слабокислая реакция является следствием поступления гумусовых кислот в гумусовые горизонты Ad, A1 – что было выявлено ранее (Горбунов и др., 2018). Равномерное распределение диагностических элементов Al, Fe, Ti указывает на их закономерно слабую миграцию по профилю. Значения Si имеют пик в горизонтах A1-B1, что,



вероятнее всего, является следствием привноса кремнезёма с аллювиально-флювиальными процессами. Для группы тяжелых металлов Mn, Cu, Zn, Pb, Sr возникает сорбционный гидроксидный барьер (Киреева, 2016) на уровне горизонта В2, причём Zn наряду с Al, Fe, Mn, в силу своей амфотерности, вовлекается в него, приводя к осаждению катионов Cu, Pb, Zn (и некоторых других тяжелых металлов) и накоплению в виде сложно- и малорастворимых соединений в нижележащем горизонте В2. Высокие концентрации Ti, K, Mg и Mn обусловлены их содержанием в химическом составе почвообразующих пород – дацитах нормального кислотного ряда.

### **Заключение**

Результатом проведённых исследований стали полученные наборы рядов данных о вещественном составе почв, развивающихся в различных ландшафтных обстановках и имеющие в связи с этим отличительные черты процессов геохимической миграции вещества. Анализ погоризонтного распределения выявил существование нескольких видов геохимических барьеров – механического, сорбционного глинистого, сорбционно-гидроксидного – свойственного изучаемым почвам. Вследствие процессов гипергенеза почва значительно обогащается рядом элементов, входящих в состав почвообразующих пород, в частности, дацитов (K, Mg, Mn, Ti), причём денудационные процессы способствуют попаданию обломков почвообразующих пород в верхние горизонты почв, формирующихся в транс-аккумулятивных обстановках. При определённых условиях, Zn, Al, Fe, Mn проявляют свойственную им амфотерность, запуская процесс сорбции элементов некоторых тяжелых металлов. Концентрации определяемых элементов существенно возрастают от почв, сформировавшихся в автоморфных условиях к почвам, сформированным в аккумулятивно-транс-аккумулятивных и аккумулятивных условиях; гумусовые горизонты автоморфных почв дают возможность исследовать приходную часть исследуемых элементов, поступающих с растительным опадом, исключая возможность влияния денудационных затёков.

### **Список литературы**

1. *Воронков М.Г., Кузнецов И.Г.* Кремний в живой природе. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 155.
2. *Горбунов Р.В., Кузнецов А.Н., Лебедев Я.О., Горбунова Т.Ю., Котлов И.П., Хой Н.Д.* О некоторых особенностях структуры и функционирования горных тропических лесных ландшафтов центрального Вьетнама и необходимости создания ландшафтно-экологического стационара // Труды Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 3 (7). – С. 43–67.
3. *Киреева Т.А.* Гидрогеохимия. Конспект лекций. Учебно-методическое пособие. – М.: МГУ, 2016. – 197 с.
4. *Котлов И.П., Горбунов Р.В., Фам Маи Фьонг, Дин Ву Ан Ту,* Беспилотная аэрофотосъёмка для задач крупномасштабного картографирования горных тропических лесных ландшафтов // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 2 (6). – С. 63–84.
5. *Кузнецов А.Н.* Структура и динамика муссонных тропических лесов Вьетнама, Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – М.: Институт проблем экологии и эволюции животных им. А.Н. Северцова РАН, 2015. – 552 с.
6. *Лопес де Гереню В.О., Курбатова Ю.А., Курганова И.Н., Тиунов А.В., Аничкин А.Е., Мяхшина Т.Н., Кузнецов А.Н.* Суточная и сезонная динамика потока CO<sub>2</sub> из почв в

- различных древостоях муссонного тропического леса // Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1074–1082.
7. Соколов И.А. Тропическое почвообразование и выветривание (на примере Лаоса). – М.: РАСН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2004. – 376 с.
  8. Тиунов А.В. (ред.) Структура и функции почвенного населения тропического муссонного леса (национальный парк Кат Тьен, Южный Вьетнам) – сборник статей. – М.: КМК, 2011. – 277 с.
  9. Фридланд В.М. Почвы и коры выветривания влажных тропиков (на примере Северного Вьетнама). – М.: Наука, 1964. – 312 с.
  10. Чертов О.Г. Экоотопы дождевого тропического леса (на прим. Вьетнама). – Ленинград: Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. – 48 с.
  11. Шишов Л.Л., Андроников С.В., Белобров В.П., Куленкамн А.Ю., Пантелеев Л.С., Соколов И.А., Шевченко Т.Н. Почвы переменного-влажных тропиков Лаоса и их рациональное использование. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, РАСХН, 1996. – 275 с.

#### SOME GEOCHEMICAL MIGRATION PECULIARITIES IN TERMS OF THE INTERACTING LANDSCAPES OF THE MID-MOUNTAIN TROPICAL FORESTS IN SOUTHERN VIETNAM

Lebedev Ya.O.<sup>1</sup>, Gorbunov R.V.<sup>1,2,3</sup>, Gorbunova T.Yu.<sup>1,2,3</sup>, Kuznetsov A.N.<sup>2,3</sup>,  
Kuznetsova S.P.<sup>2,3</sup>, Nguyen V.T.<sup>2</sup>, Bobko N.I.<sup>1</sup>, Kapranov S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation  
e-mail: [ya.o.lebedev@yandex.ru](mailto:ya.o.lebedev@yandex.ru), [karadag\\_station@mail.ru](mailto:karadag_station@mail.ru), [gorbunovatyu@gmail.com](mailto:gorbunovatyu@gmail.com),

<sup>2</sup>Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam

<sup>3</sup>A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russian Federation  
e-mail: [forestkuz@mail.ru](mailto:forestkuz@mail.ru)

The article presents the study results of vertical and horizontal (catenary) migration of chemical elements in mid-mountain indigenous tropical monsoon forests soils. The regularities of soil cover change and geochemical migration of chemical elements within all types of elementary geochemical landscapes (from autonomous to accumulative) are revealed on the basis of the laid catena within the local slope of the structural ridge. The existence of several geochemical barriers typical for yellow soils is revealed. It is shown that the weathering processes in conjunction with other exogenous geomorphological processes, that are typical for the studied area, have a significant impact on geochemical processes in the soils. Degree of their influence on geochemical processes depends on the position of elementary geochemical landscape in the catena.

**Keywords:** geochemical migration, soils, tropical forests, heavy metals, geochemical catena, Vietnam, Bidup-Nuiba National Park

Поступила в редакцию 27.09.2019 г.

УДК 549.551(477.75.549)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ВОЗРОЖДЕНИЮ К ЖИЗНИ СООБЩЕСТВ АРХЕЙ И БАКТЕРИЙ МИОЦЕНА ИЗ ГЕРАКЛИТОВ

Лысенко В.И.

Филиал Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в  
г. Севастополе, г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: [niagara\\_sev@mail.ru](mailto:niagara_sev@mail.ru)

В статье приводятся результаты опытных работ по оживлению сообществ прокариот из миоценовых карбонатных образований под названием гераклиты. Эксперименты доказали, что образование органического и карбонатного вещества происходит за счёт переработки метана сообществом бактерий и архей. На биохимические процессы в растворе при проведении прокачки метаном указывают изменения температуры и pH. Образование бактериального карбонатного материала происходит в кислой среде раствора с pH от 5,750 до 6,674. От растворения новообразования карбоната защищает бактериальная плёнка. Удивляет разнообразие форм бактериального карбоната, которые имеют внешнее сходство с морфологией современных карбонатных построек морей и океанов, гераклитов и оксфордских метанолитов. Высокие скорости роста бактериального карбоната в опытах, ставит под сомнение тысячелетний возраст современных карбонатных построек на дне морей и океанов. Цветовая форма и зональность бактериального обрастания миоцена имеет внешнее сходство с современным в Чёрном море, что подтверждает гипотезу о незначительных их эволюционных изменениях. Целесообразно продолжить на более высоком аналитическом уровне экспериментальные работы по изучению сообществ микроорганизмов из гераклитов миоцена.

**Ключевые слова:** метанотрофные и метаногенные прокариоты; хемосинтез; бактериальные маты; карбонатные постройки; метан; карбонатные новообразования; гераклиты.

### Введение

В наши дни большое внимание уделяется изучению образования карбонатных пород с участием сообществ прокариот (Вологдин, 1947; Исаченко, 1948; Вернадский, 1967; Заварзин, 2002; Розанов, 2003). Большинство исследователей считают, что их формирование связано с процессами жизнедеятельности цианобактерий (Matsumoto, 1990; Ahagon, 2000; Заварзин, 2002; Розанов, 2003; Кузнецов, 2015). В шестидесятых годах XX века на больших глубинах дна морей и океанов были найдены аутигенные карбонатные постройки, образование которых произошло в ходе переработки метана бактериальными сообществами (Хорн, 1972; Fuex, 1977; Suess et al., 1985; Burne, Moore, 1987; Иванов и др., 1991; Sibuet, Olu, 1998; Taldenkova et al., 2005; Tianfu et al., 2017). Физико-географическая ситуация их образования значительно отличается от условий формирования построек цианобактерий, известных как строматолиты (Matsumoto, 1990; Иванов и др., 1991; Шнюков и др., 1995; Леин, 2005). В наше время актуальными научными проблемами стали выяснения экспериментальными методами механизмов образования карбонатного вещества, процессов биохимических реакций и с чем связана энергетика бактериального хемосинтеза (Зайцева и др., 2007; Леонова и др., 2015). Результаты многочисленных экспериментальных исследований процессов образования карбонатов микроорганизмами не дают окончательных однозначных ответов на эти актуальные вопросы. Автор на протяжении многих лет изучал карбонатные постройки прокариот зон палеодегазации из неогеновых пород Крыма, известных как гераклиты (Лысенко, 2014). В их микритовых структурах отмечаются фрагменты фоссилизации бактерий (Лукин и др., 2006; Лысенко, 2014). Расположение гераклитов в геологическом разрезе, данные геохимического опробования и состав палеофлюидов однозначно указывают, что их образование связано с жизнедеятельностью сообществ архей и прокариот около центров углеводородной палеодегазации на дне соответствующих по

возрасту морей (Лысенко, 2014). В обломочном материале гераклитов и вмещающих их породах отсутствуют следы воздействия процессов катагенеза и метагенеза (Лысенко, 2014), что позволило выдвинуть предположение о сохранении способности к жизнедеятельности создавших их прокариот. Поэтому автор попытался провести опыты по возрождению к жизни споровой материал сообществ бактерий и архей из карбонатного материала гераклитов верхнего сармата. Выполнение этих лабораторных исследований позволили приблизиться к решению выше перечисленных вопросов образования карбоната прокариотами.

Целью данных экспериментальных работ являлось изучение условий образования карбонатного вещества бактериальных сообществ «миоцена» из метана в искусственно созданной водной среде.

### Материалы и методы исследования

Как было сказано выше, гераклиты являются карбонатным материалом бактериальных построек миоцена (Лысенко, 2014). Этот материал характеризуется особым нахождением в геологическом разрезе, своеобразной внешней морфологией, цветовой окраской, структурными и текстурными признаками, минералогическим составом, геохимией, газонасыщенностью, пропиткой нефтепродуктов и наличием микро и макрофауны (Лысенко, 2014). По этим признакам они отличаются от вмещающих карбонатно-терригенных пород миоцена. По внешней морфологии среди них выделяются разновидности следующих гераклитов: «шлаковидных», «полосчатых», «плит цементации», «угловатых» и «микрометанолитов» (Лысенко, 2014).

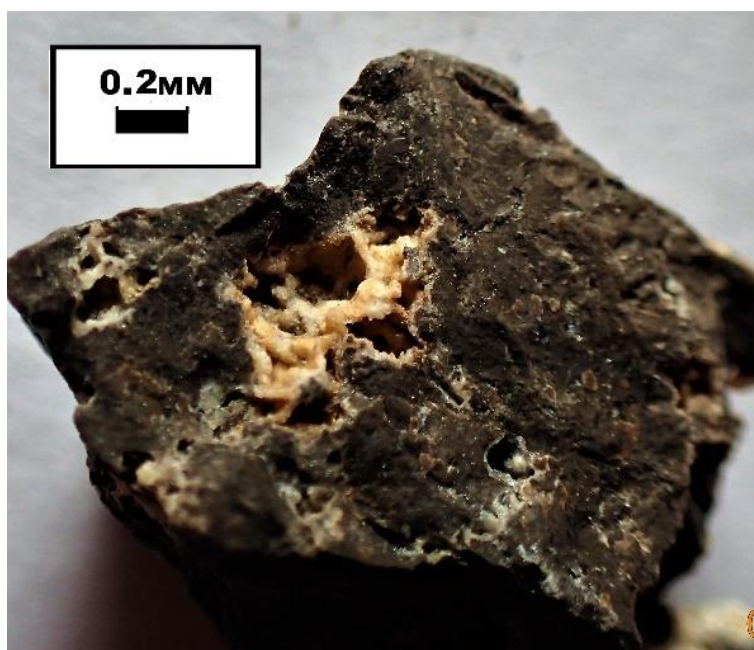
Для проведения опытов отбирались «шлаковидные» гераклиты из обнажений береговых обрывов мыса Херсонес (юго-западная оконечность Крымского полуострова). Такие разновидности имеют наибольшее распространение в геологическом разрезе. Бралась образцы размерностью не менее 5 см. Материал дробился на более мелкие обломки. В пробу отбирался мелкий щебень из центральных частей гераклитов (рис. 1). Чтобы исключить участие в опыте современных бактерий, этот мелкообломочный материал перед проведением опытов опускался на несколько минут в азотную кислоту. После этого промывался несколько раз дистиллированной водой, затем сушился в муфельной электропечи при температуре 200° в течение шести часов. После этого часть материала дробилась до пыли (0,5 мм и менее), которая являлась дополнительной подсыпкой к крупнообломочной фракции.

Морская вода для проведения опытов была отобрана в ноябре месяце на пляже Херсонесского городища, где существует прямая связь с открытой поверхностью Черного моря. Перед началом проведения опытов вода кипятилась в течение 30 минут.

В качестве источника газа для воссоздания процессов дегазации использовался метан из газовых баллонов «Турист», с объемом газа 220 грамм.

Интерес к теме эксперимента возник в результате изучения материала проб кислотного остатка гераклитов (Лысенко, 2014), который был получен при растворении его раздробленного материала в кислоте. По методике подготовки проб нерастворимый кислотный осадок промывался несколько раз в дистиллированной воде, а высушенный материал использовался для проведения анализов (рис. 2).

Случайно одна промытая проба с дистиллированной водой простояла в химическом стакане полмесяца. За этот период в ней почти высох водный раствор, а на поверхности дна химического стакана, покрытого тяжелым нефтепродуктами, находились многочисленные пятнистые и сферолитовые минеральные образования белого цвета (рис. 3).

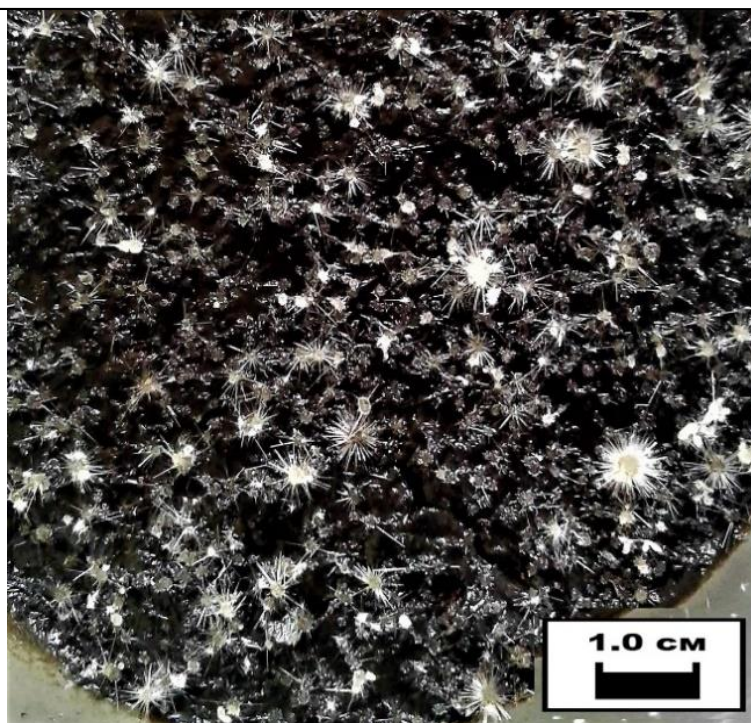


**Рис. 1.** Щебень дробления гераклитов. Чёрно-коричневая окраска связана с пропиткой материалов тяжёлыми нефтепродуктами и органическим веществом



**Рис. 2.** Материал кислотного остатка растворения гераклитов после промывки его дистиллированной водой

Сферолиты имели форму «ёжиков», а в их центре находилось белое пятнышко округлой формы размером от 0,5 до 1,7 мм. От центрального ядра в разные стороны отходили стреловидные волосяные отростки размером 1,0 – 2,5 мм. На некоторых насчитывалось до 30 выростов. Часто сферолиты срастались друг с другом. Иногда на удлинённых кристаллах одного сферолита отмечались зародыши более мелких белых пятен округлой формы, из центра которых отходили в стороны стреловидные кристаллики.



**Рис. 3.** Сферолитовые образования карбоната на поверхности кислотного остатка растворения гераклитов

Довольно часто в центральной части крупных сферолитов наблюдалась прерывистая зональность. При более детальном просмотре поверхности битумов на ней отмечались более мелкие белые шарики, от поверхности которых отходили от одного и более игольчатых кристалликов (рис. 3). Можно предположить, что это первоначальный период образования сферолитов. После визуального изучения этого материала, химический стакан заполнили водой. Прошло две недели и в центральной части водной поверхности наблюдали скопление мелких пузырьков газа (размерностью меньше миллиметра). Сам раствор имел мутновато серую окраску, поэтому невозможно было определить, откуда идет поднятие пузырьков. При удалении их с поверхности через сутки произошло скопление на том же месте новых. Это свидетельствовало о биологическом происхождении газовых пузырьков.

После этого мы промыли дистиллированной водой материал бывшего кислотного остатка. В нем находились игольчатые, пластинчатые, губчатые и сферолитовые сростки белого материала размерностью меньше одного миллиметра (рис. 4). При просмотре материала под бинокулой хорошо видно, что сферолитовые образования имеют большое сходство с подобными современными карбонатными выделениями около газовых сипов в конгломератах бухты Ласпи (Лысенко, Шик, 2013).

Азотная кислота, которую мы капнули на предметное стекло для проверки состава наших микробиолитов, сразу не вступила в реакцию. Только спустя несколько минут на поверхности минеральных образований появилось многочисленное количество пузырьков углекислого газа. После этого карбонат микробиолитов в течение минуты полностью растворился в кислоте, а на стекле остались чёрные микропятна. Это позволяет сделать вывод, что наши карбонатные выделения были покрыты коллоидной бактериальной пленкой, которая являлась защитой от процессов кислотного растворения. Данный факт запуска специфических биохимических процессов на основе нерастворимого остатка гераклитов вызвал интерес и требовал более точного экспериментального повторения.



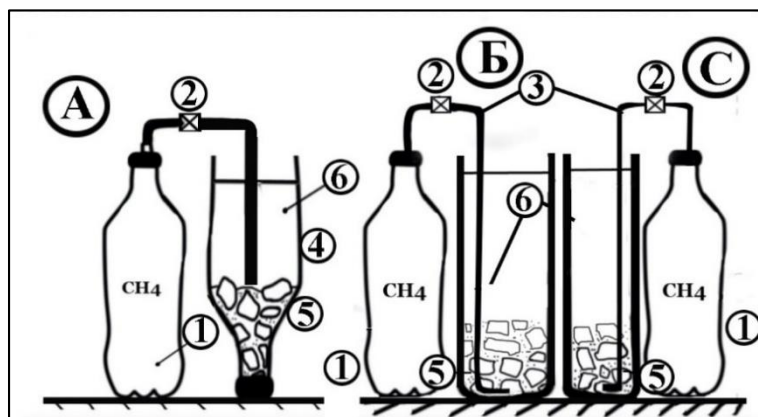
**Рис. 4.** Пластинчатые, игольчатые и сферидальные сростки новообразования карбоната

Вторым этапом наших опытных работ была попытка восстановить жизнедеятельность бактериальных сообществ миоцена из каменного материала гераклитов. Для этого эксперимента было подготовлено пять сосудов (пластиковые бутылки объемом 400 мл), которые заполнялись морской водой. В них помещался дробленый материал гераклитов, к которому подсыпался их истёртый порошок (рис. 5). Так как для создания живого углеводородного вещества требуется азот и сера, в две емкости было добавлено по 10 капель азотной кислоты и сульфида натрия.



**Рис. 5.** Обломочный материал гераклитов, подготовленных для проведения опытных работ. (место отбора – пляж Хрустальный)

Имитация природной дегазации производилась трубкой газового баллончика, которая опускалась в ёмкость на полную глубину (рис. 6) Три-пять дней в неделю бурный поддув газа осуществлялся от 10 до 15 минут. В течение всего эксперимента емкости с материалом находились в темном шкафу. Лишь во время прокачки происходило кратковременное воздействие рассеянного света на них. Общее поступление световой энергии составило не более трех часов в неделю. В первые дни проведения газовой прокачки раствор имел молочную окраску.

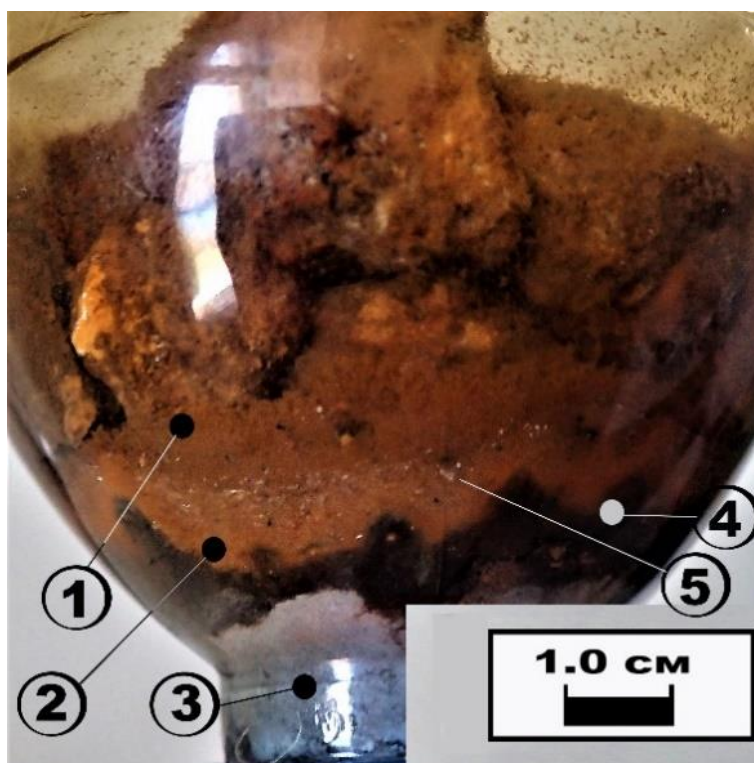


**Рис. 6.** Материалы для проведения опытов второго (А) и третьего этапов (Б и С). Условные обозначения: 1– газовые баллончики «Турист»; краны открытия и закрытия газа; 3 – трубки подачи метана; 4 – пластиковые бутылки объёмом 400 мм с материалом гераклитов; 5 – химическая посуда объёмом 400 мм (Б) и 250 мм (С) с материалом гераклитов; 6 – раствор морской воды

Основным методом исследования на данном этапе эксперимента являлось наблюдение за изменением прозрачности раствора и появлением новообразований на поверхности гераклитов. Были получены следующие результаты. Через 30 дней после начала эксперимента пропала мутность водного раствора при поступлении газовых пузырьков, но только в сосудах, где присутствовали соли азотной кислоты и сульфиды натрия. При детальном осмотре выяснилось, что поверхность обломочного материала в емкостях покрылась белой микропленкой, похожей на бактериальную «слизь». Еще через 60 дней поверхность опытного материала покрылась отдельными пятнами буровато-оранжевого налета, а глубже появились разрозненные черно-коричневые микропрослой.

В течение следующих двух месяцев «твёрдая» поверхность гераклитовой смеси покрылась тёмно-оранжевой коркой. Её мощность составила около 0,5 мм. Под этим «ковром» образовался прослой черно-коричневого цвета. В самой нижней части емкости на стенках и поверхности обломков гераклитов появились налеты белого цвета. Через полгода, с начала проведения опыта, цветовая дифференциация материала значительно усилилась (рис. 7). Поверхность крупных обломков гераклитов обросла мохнатой оранжевой пленкой мощностью до 2 мм. На спрессованном мелкообломочном материале гераклитов между крупными обломками оранжево-коричневое обрастание имело мощность от 3,0 до 5,0 мм. Верхняя и нижняя границы этой зоны резкие и повторяют неровную первичную поверхность. По цвету это обрастание делится на две подзоны: верхнюю волокнистую темно-оранжевую и нижнюю, которая была представлена желеподобной светло-оранжевой массой. На границе их раздела отмечаются точечные новообразования белого кальцита (рис. 7). При сильном увеличении видно, что они имеют угловатую и сферическую форму (рис. 8). Подобные белые микроточки встречаются в зарослях буро-оранжевого обрастания на поверхности крупных обломков гераклитов (рис. 7).





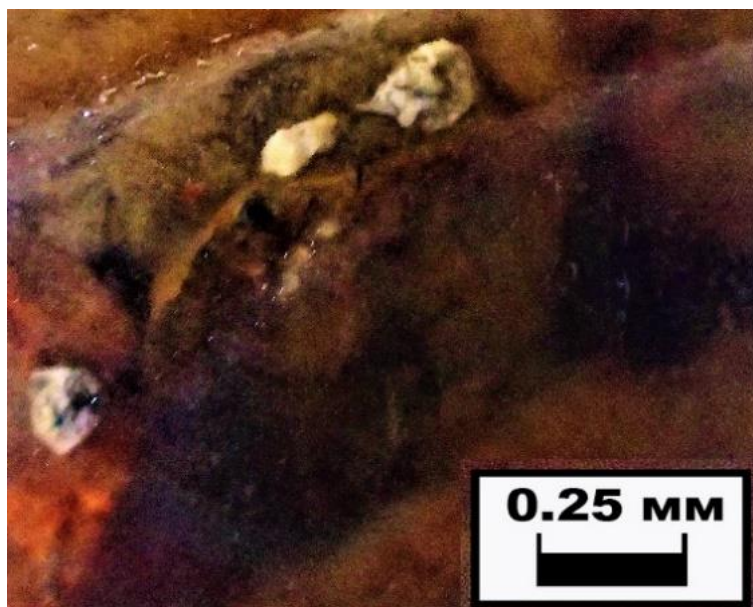
**Рис. 7.** Зональная окраска бактериального обрастания поверхности обломочного материала гераклитов. Условные обозначения: 1 – волокнистая тёмно-оранжевая подзона; 2 – желеподобная светло-оранжевая подзона с включениями новообразований кальцита; 3 – чёрно-коричневая зона; 4 – зона белого цвета; 5 – включения новообразования кальцита

В период, когда прокачка газом не проводилась в течение двух недель, произошло своеобразное засыхание верхней темно-оранжевой волокнистой зоны обрастания. Стоило насытить раствор метаном, как через несколько минут происходило поднятие темно-оранжевого ветвистого материала. Это является подтверждением того, что бактериальные сообщества питаются в основном метаном, растворенном в воде.

Ниже залегающая зона черно-коричневого цвета имеет довольно резкие границы, а её мощность от 1,5 до 2,5 мм (рис. 7). Предположительно, такая цветовая окраска связана с органическим веществом.

В самой нижней части бутылки под чёрным материалом находится зона белого цвета (рис. 7). Она имеет резкие и заливообразные контакты с верхней зоной. В этой зоне стенки бутылки и крупнообломочный материал гераклитов покрыты белым налётом, имеющем сходство с вышеописанным новообразованным кальцитом (рис. 8). Мощность этих изменений составляет 45–50 мм.

Довольно интересные данные были получены после промывки обломочного материала. Чёрно-коричневая «плесень» средней зоны хорошо смывалась водой, что подтверждает высказанное ранее предположение, что это органический углеводородный материал бактериального хемосинтеза. Значительно изменился внешний вид поверхностей обломков гераклитов после проведения опытов. Оказалось, что большая их часть была покрыта серо-коричневой плёнкой карбоната мощностью 0,5–2,5 мм с характерными микро дырчатыми отверстиями (рис. 9). Встречаются отдельные поверхности на гераклитах, покрытые сотовыми образованиями с вертикальными микротрубочками (рис. 10).



**Рис. 8.** Новообразование кальцита в бактериальных матах



**Рис. 9.** Плоскость гераклитов после проведения опытов, покрытая плёнкой новообразованного кальцита с дырчатой поверхностью

Подобные формы выделения автор наблюдал на поверхности бактериального обрастания сульфидно-карбонатных труб лавовых палеопотоков верхнего триаса Горного Крыма и гераклитах (Лысенко, 2014). Отмечаются отдельные обломки гераклитов со следами «кислотного» растворения (рис. 11). На их поверхности происходит обесцвечивание чёрно-коричневого антраконита до белого сахаровидного кальцита (рис. 11). Можно предположить, что битумное и «органическое» вещество из гераклитов (Лысенко, 2014) послужило пищей для «оживших» бактериальных сообществ миоцена.

После прекращения опыта выяснялось, что отсутствует сплошная цементация обломочного материала в ёмкости. Возможно, это связано с поступлением газа не через исследуемый материал, а сверху из раствора.

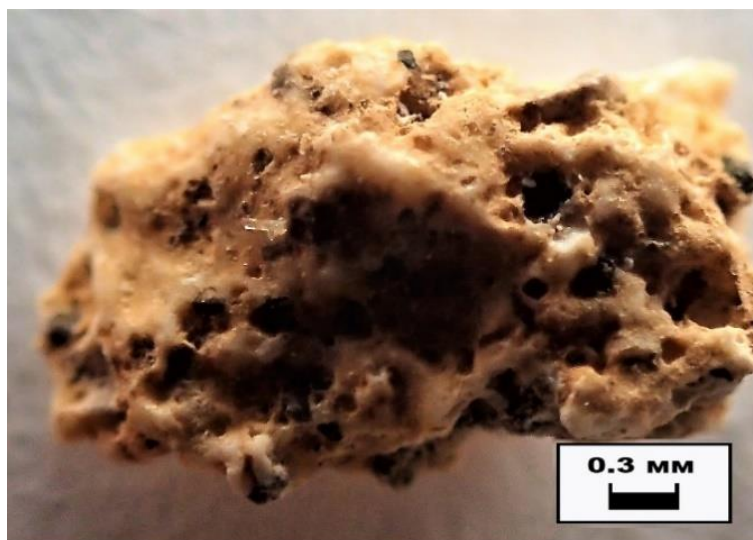


**Рис. 10.** Поверхность гераклитов после эксперимента, покрытая карбонатной корочкой с трубчатыми образованиями

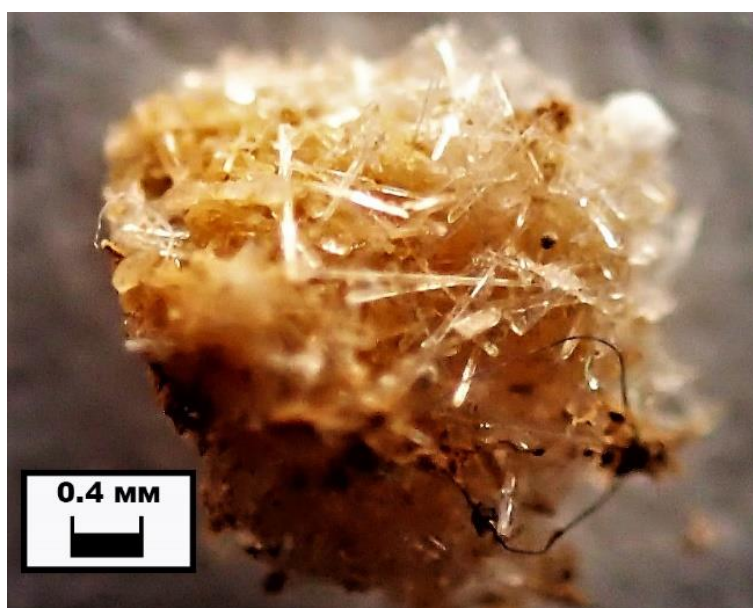


**Рис. 11.** Поверхность гераклитов со следами растворения и выщелачивания битумного и органического вещества

Кроме этого, в промытом обломочном материале из указанных емкостей встречаются новообразования карбоната различной формы размером до трёх миллиметров. Значительная часть из них представлена своеобразными «стяжениями» удлинённой неправильной формы (рис. 12). Дырчатая поверхность на них в виде микрократеров напоминает описание характеристик «микрометанолитов» оксфорда, «шлаковидных» гераклитов (Лукин и др., 2006; Лысенко, 2014) и современных карбонатных строений (Леин и др., 1975; Иванов и др., 1991; Шнюков, 1995; Mazzini et al., 2004; Крылов и др., 2008; Novikova et al., 2015; Лысенко, Цельмович, 2017). Кроме этого встречаются войлочные скопления плоской и шарообразной формы удлинённых кристаллов арагонита с чёрными точками углеродистого вещества (рис. 13). Реже встречаются сферолитовые образования, описанные нами в первом опыте.



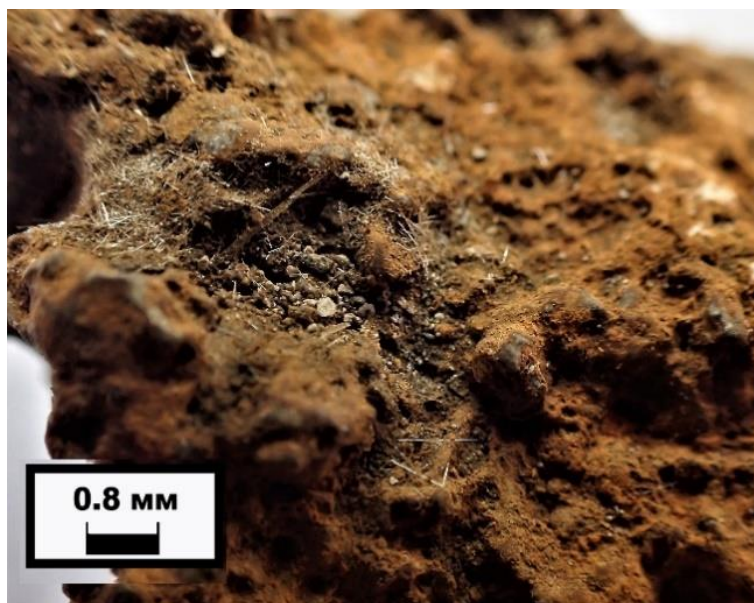
**Рис. 12.** Карбонатные новообразования с дырчатой поверхностью и игольчатыми кристаллами



**Рис. 13.** Войлокоподобные скопления удлиненных стреловидных кристаллов арагонита

В углублениях на поверхности некоторых обломков гераклитов, участвовавших в эксперименте, отмечаются войлокоподобные переплетения остроугольных игольчатых кристаллов карбоната (рис. 14).

Взаимодействие карбонатных новообразований данного опыта с кислотами подтвердили результаты, описанные нами выше. Карбонатный материал, взятый из раствора, вступал в реакцию с кислотами через некоторый промежуток времени, а высушенный – мгновенно. Бактериальная карбонатная плёнка, покрывающая новообразования карбоната, по всей видимости, разрушается в воздушной среде. После растворения карбонатных новообразований на предметном столе остаются чёрные точки. Предположительно, это следы органического вещества бактерий.

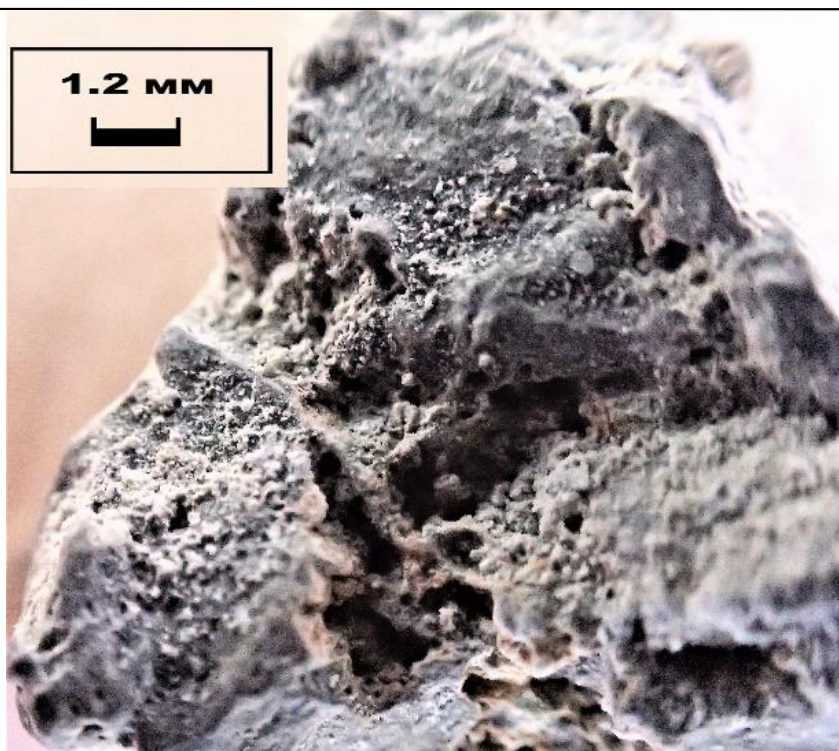


**Рис. 14.** Поверхность гераклитов покрытия корочкой карбоната. В центральной части понижения на ней находятся переплетения войлокоподобных игольчатых кристаллов

Взаимодействие карбонатных новообразований данного опыта с кислотами подтвердили результаты, описанные нами выше. Карбонатный материал, взятый из раствора, вступал в реакцию с кислотами через некоторый промежуток времени, а высушенный – мгновенно. Бактериальная карбонатная плёнка, покрывающая новообразования карбоната, по всей видимости, разрушается в воздушной среде. После растворения карбонатных новообразований на предметном столе остаются чёрные точки. Предположительно, это следы органического вещества бактерий.

Морфология некоторых форм новообразований карбоната на поверхности гераклитов имеет некоторое сходство с описанием, по литературным данным, материала цианобактерий, которые создают свои постройки за счёт энергии Солнца (Журавлева, 1964; Розанов, Заварзин, 1997; Жмур и др., 1999; Анисимов и др., 2012). Нельзя отрицать, что в наших опытах материал исследования в короткие временные интервалы подвергался воздействию рассеянного солнечного света, о чём указывалось выше. Поэтому отличие третьего этапа проведения опытных работ от предыдущих отличалось тем, что материал гераклитов в химической посуде обматывался несколькими слоями светоизолирующего материала. В результате исключалась всякая возможность воздействия солнечного света во время проведения опытов. Изменилась методика подачи газа в ёмкости с раствором (рис. 6). Метан подавался через трубочку, выходное отверстие которой было ниже обломочного материала гераклитов. Поэтому пузырьки метана проходили через каменный материал, как в современных сипах Чёрного моря. Отличие заключалась в прерывистом поступлении газа в экспериментальные сосуды. При проведении опыта его подпитка осуществлялась пять дней в неделю по 15–20 минут в сутки. В раствор, как и в предыдущем опыте, было добавлено несколько капель азотной кислоты и сульфида натрия.

Через шесть месяцев после начала опытов на поверхности материала отмечались многочисленные пятна белого цвета гелеобразной бактериальной слизи мощностью 1,0–1,5 мм. На выступающих над поверхностью обломках гераклитов отмечались налёты белого чешуйчатого и сферического или шарообразного карбоната (рис. 15). Общая картина имела большое сходство с результатами проведения предыдущего опыта (рис. 16).



**Рис. 15.** Поверхность гераклитов с присыпками белого карбоната пластинчатой и шарообразной формы



**Рис. 16.** Бактериальное обрастание поверхности гераклитов

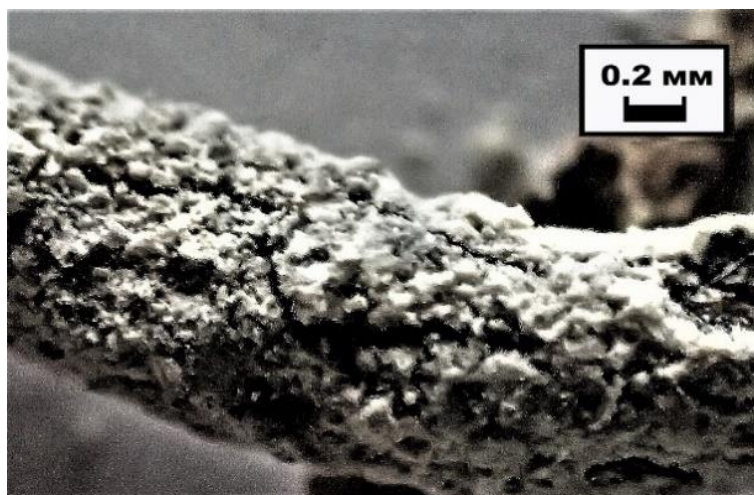
Через десять месяцев, с начала проведения опытных работ, верхняя поверхность материала и крупных обломков гераклитов покрылась сплошной шероховатой коркой гелеобразного материала бактериального обрастания (рис. 17). По световой окраске она несколько отличается от ранее описанных в предыдущих опытах. Верхняя часть плёнки имеет розово-оранжевую окраску, а нижняя розово-белую. Граница между ними извилистая, но не резкая. Общая мощность бактериальной плёнки обрастания от 1,5 до 3,5 мм. В нижней белой зоне отмечаются отдельные точечные округлые новообразования карбоната размером менее 0,05 мм (рис. 17).

Железная проволока диаметром 1,0 мм, которая использовалась для крепления газоотводящей стеклянной трубочки, за этот временной период из-за интенсивной

коррозии заместилась гидроокислами железа и разваливалась на части. Отдельные её куски упали на поверхность дна ёмкости и покрылись плёнкой мелких пластинчатых и шарообразных карбонатов белого цвета (рис. 18).



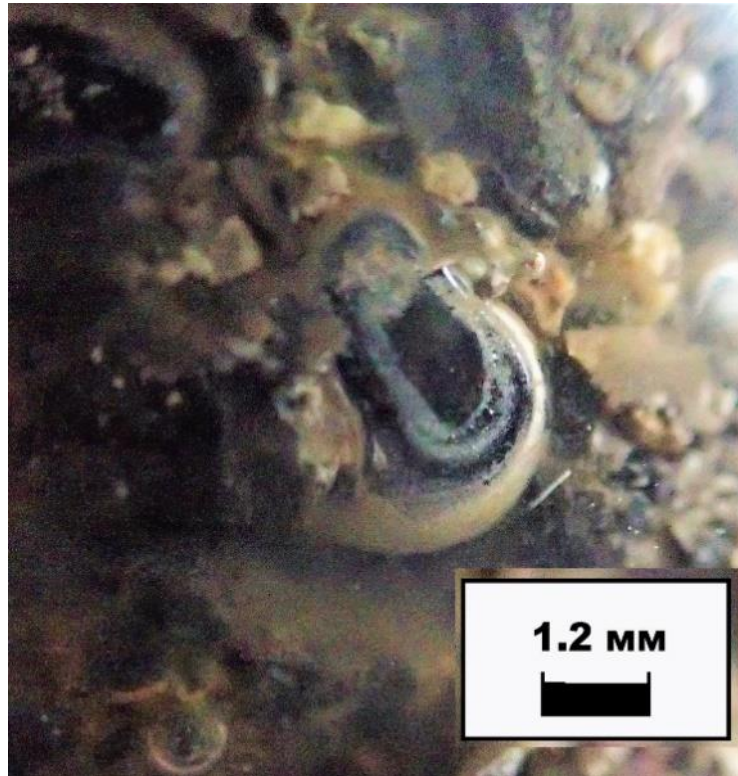
**Рис. 17.** Зональное строение бактериального обрастания. Верхняя подзона имеет розовато-оранжевую окраску, а нижняя – розово-белую



**Рис. 18.** Железная проволока, покрытая плёнкой пластинчатых и шарообразных карбонатов

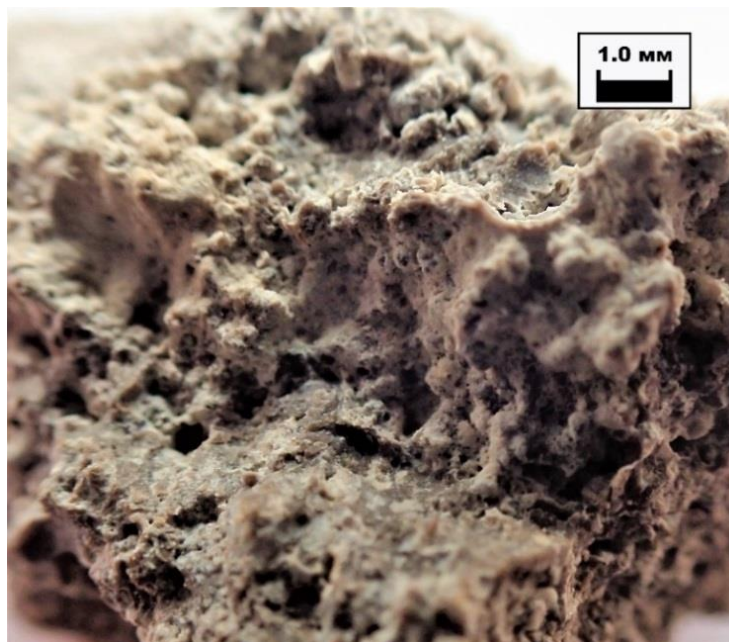
В слое каменного материала, который находился в ёмкости, имелись пустоты разной конфигурации и размеров, что было связано с формой и размерностью экспериментальной смеси. При прохождении газа через слой обломочного материала полости довольно часто заполнялись пузырьками метана, которые сохраняли свое местоположение продолжительное время.

По окончании эксперимента оказалось, что часть крупных пузырьков в таких пустотах была покрыта тонкой плёнкой игольчатого карбоната, которая имеет фрагментарно полосчатое строение. Толщина налёта на таких округлых образованиях достигает 0,25 мм (рис. 19). Покрытие пустотелых шариков корочками карбоната свидетельствует о высоких скоростях образования кальцита сообществами микроорганизмов, которые, видимо, использовали газ пузырьков как субстрат.



**Рис. 19.** Тонкая корка игольчатого карбоната на пузырьках метана

В промытом каменном материале третьего опыта встречаются все разновидности карбонатных новообразований, описание которых подробно приведено в предыдущем нашем эксперименте. Эти образования имеют вид «стяжений» неправильной формы с дырчатыми отверстиями, микротрубчатых переплетений, сферолитовых и пластинчатые образований, а также войлокоподобных и остроугольных сростков игольчатых кристаллов (рис. 20). Поверхность обломков гераклитов покрыта подобными плёночными образованиями карбоната, описанными нами ранее. Отмечаются также обломки гераклитов со следами растворения.

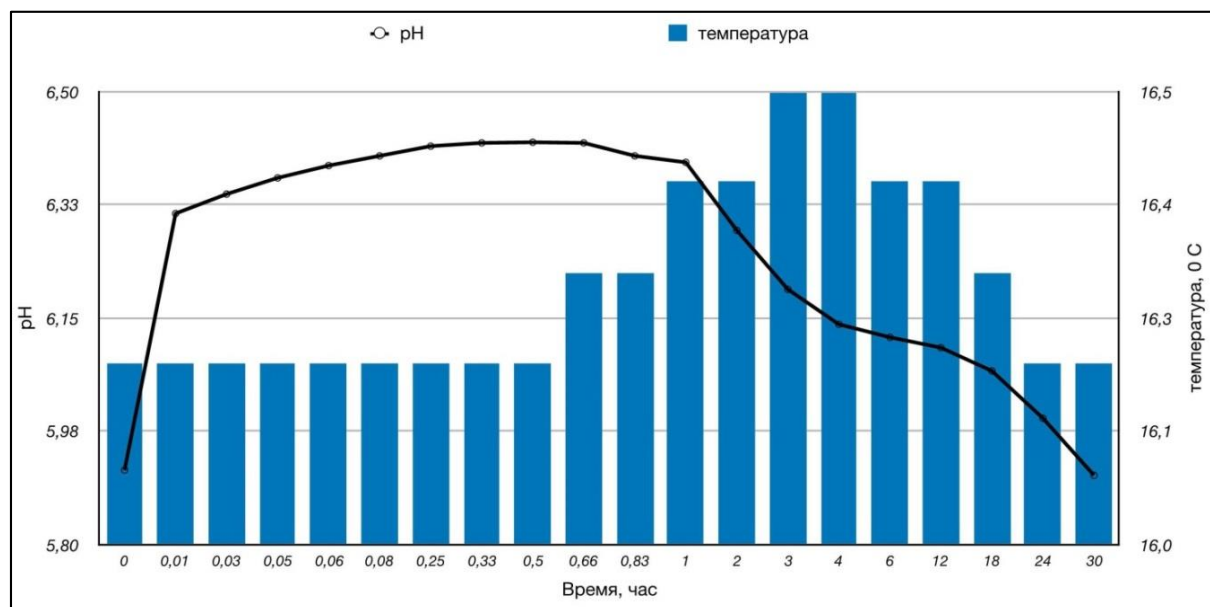


**Рис. 20.** Поверхность гераклитов, покрытая корочкой микротрубчатого, чешуйчатого и сфероидального карбоната



Значительным отличием конечного продукта данного опыта от предыдущих опытов являлась цементация обломочного материала гераклитов вокруг трубочки, через которую шло поступление газа со дна ёмкости. Сформировалась своеобразная искусственная брекчия с контактовым типом цемента, представленным пленкой белого карбоната. При большом увеличении видно, что плёночный цемент представлен плоскими угловатыми кристаллами. В поровом пространстве конгломератов довольно часто встречаются сферолитовые образования тонких игольчатых кристаллов. Подобная цементация материала характерна для описанных нами ранее конгломератовидных построек вблизи зон дегазации в бухте Ласпи (Лысенко, Шик, 2013).

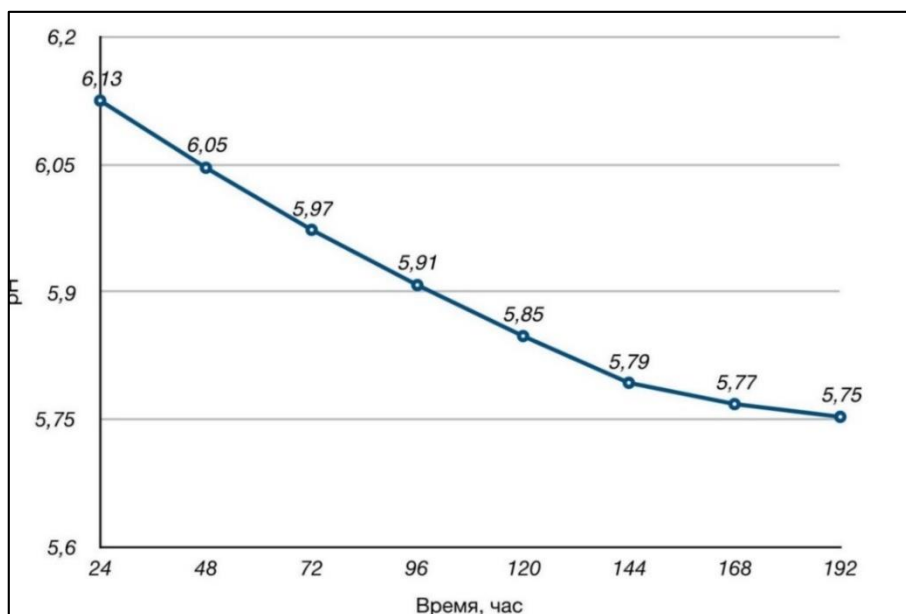
В ходе эксперимента были выполнены замеры щёлочности и температуры раствора прибором рН-метром Inolab рН Level-2. Предположительно, из-за различия объёмов растворов в химических сосудах опытов, показания рН незначительно различались между собой. Измерения в разные дни перед началом прокачки установили, что в ёмкости химической посуды с объёмом раствора 400 мл рН изменяется от 6,137 до 6,674, а где было 250 мл раствора – от 5,750 до 6,376. Необходимо отметить, что морская вода, которая использовалась для проведения опытных работ, по данным замеров характеризуется первичным рН=8,264. При прокачке происходит уменьшение кислотности раствора (рис. 21). Увеличение рН с поступлением метана в большой ёмкости возрастает в разные дни от 6,668 до 6,856, а в посуде с малым объёмом – от 6,110 до 6,520. Кислотность в течение первых 20–60 минут поступления газа уменьшается в абсолютных величинах на 0,525 – 0,925 от предшествующего общего значения рН. Абсолютные значения рН особенно сильно увеличиваются после первых 5 минут прокачки метаном (рис. 21). После окончания процедуры прокачки происходит медленное увеличение кислотности (рис. 21). Процесс восстановления имеет длительность больше суток. В течение восьми дней мы не кормили бактериальное сообщество и за этот период рН раствора равномерно уменьшилось с 6,125 до 5,753 (рис. 22).



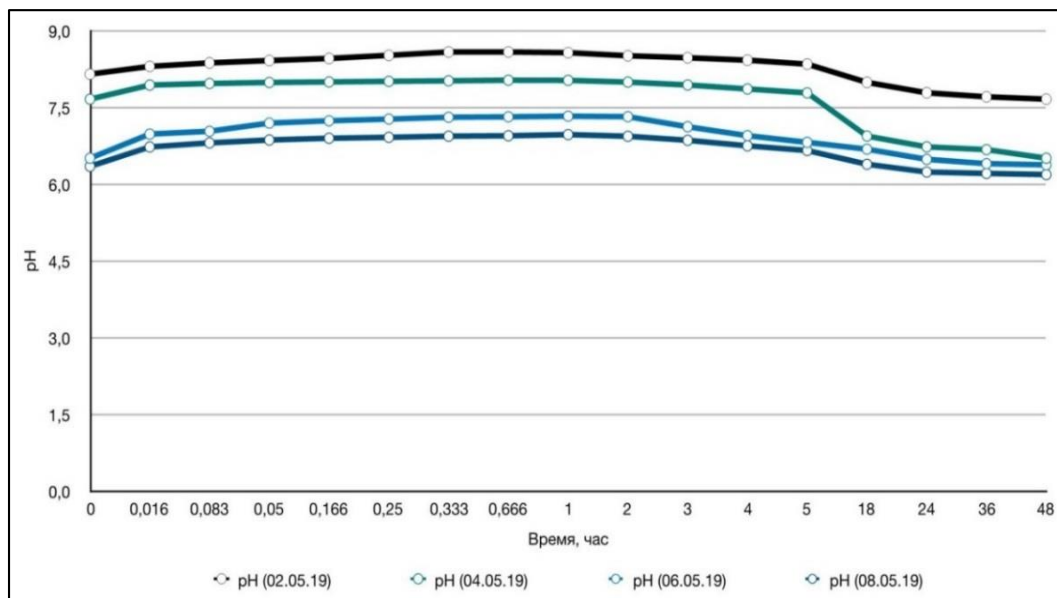
**Рис. 21.** Изменение рН и температуры раствора при проведении прокачки метаном в химической посуде с объёмом 250 мл. Прокачки метаном производилась в течение первых 40 минут. Температура в помещении, проведения опытов, 16,2°С

После девяти месяцев проведения опытных работ в одной ёмкости заменили раствор на первичную морскую воду. Первый замер показал, что рН раствора составляет 8,145. После проведения прокачки метаном продолжительностью 35 минут, рН среды

изменился с 8,145 до 8,578 (рис. 23). Дальнейшее поступление газа продолжительностью 20 минут происходило без изменения щёлочности среды. Через двое суток после окончания прокачки щёлочность уменьшилась до 7,657. Новое поступление газа в течение 40 минут увеличило рН раствора с 7,657 до 8,027. Через 48 часов после прекращения прокачки кислотность составляла 6,504.



**Рис. 22.** График изменения рН раствора при отсутствии прокачек метана в течение восьми суток. Замеры производились ежедневно в 12 часов дня (с 07.04.19. по 14.04.19)



**Рис. 23.** График характера изменения рН раствора морской воды после проведения ряда последовательных прокачек метаном. По замерам рН морской воды перед сменой раствора составлял 8,264. Прокачки газом были продолжительностью: 02.05.19. – 55 минут; 04.05.19. – 48 минут; 06.05.19. – 50 минут; 08.05.19. – 60 минут

Третье включение газа в течение 50 минут увеличило рН раствора с 6,504 до 7,325. После прекращения поступления газа кислотность через 45 часов составила 6,373. Во время последней прокачки продолжительностью 60 минут рН раствора увеличилось с 6,373 до 6,965. После суточного перекрытия искусственной дегазации рН уменьшился

до 6, 235. Время проведения прокачек в этих опытах, связано с изменением pH среды. Если этот показатель в течение 5 минут не менялся, то вентиль поступления газа перекрывался. Результаты данных опытов показали, что время насыщения метаном раствора с каждым опытом увеличивается, но при этом уменьшается pH среды (рис. 23).

За время проведения опытов произошло изменение состава морской воды. В первичной морской воде содержание катионов  $\text{Ca}^{+2} = 14,5$  ммоль/дм<sup>3</sup> и  $\text{Mg}^{+2} = 39,25$  ммоль/дм<sup>3</sup>. За девять месяцев проведения опытных работ увеличилась концентрация  $\text{Ca}^{+2}$  до 150,3 ммоль/дм<sup>3</sup> и уменьшилась -  $\text{Mg}^{+2}$  до 29,8 ммоль/дм<sup>3</sup>. Высокие содержания кальция предположительно связаны с растворением карбонатного вещества гераклитов в кислой среде и созданием из него новообразований кальцита. Незначительное изменение катионов  $\text{Mg}^{+2}$  в растворе указывают, что они тоже принимают некоторое участие в образовании карбоната.

Другие изменения, происходящие в растворе, связаны с температурой (рис. 21). В помещении, где проводились опыты, она находилась в пределах от +12° до +21°. Обычно через 30–40 минут после начала прокачки и её остановки начинается медленный рост температуры раствора. В течение 2–6 часов она повышается на 0,3°–0,5°, относительно температуры помещения. После этого температура раствора и pH понижалась до первоначальных величин. Возможно, более контрастные изменения кислотности и температуры происходят на поверхности бактериального обрастания обломочного материала, где проживают сообщества архей и бактерий, так как они контролируют процессы этих изменений.

Выполненные нами экспериментальные работы подтвердили выдвинутое ранее предположение, что главными условиями образования современных карбонатных построек (Леин и др., 1975; Шнюков и др., 1995; Medvedev, Makarikhin, 2008; Лысенко, Шик, 2013) и гераклитов (Лысенко, 2014) являются наличие дегазации метана и сообществ бактерий и архей по его переработке.

### **Результаты и обсуждение**

В наши дни в научной литературе приводятся многочисленные описания опытных работ по образованию карбонатного вещества сообществом прокариот (Schubert, 1997; Taldenkova et al., 2005; Зайцева и др., 2007; Саввичев и др., 2011; Леонова и др., 2015). Особое внимание уделялось изучению образования и осаждения карбонатных частиц цианобактериями (Розанов, Заварзин, 1997; Заварзин, 2002; Зайцева и др., 2007). Их высокие скорости образования подтвердили экспериментальные работы в Институте микробиологии РАН (Заварзин, 2002; Леонова и др., 2015). Несмотря на многочисленные опыты, в наши дни нет единого мнения о роли цианобактерий и сине-зелёных водорослей в образовании карбоната (Schubert, 1997; Matsumoto, 1990; Aharon, 2000; Леонова и др., 2015). Не ясен процесс преобразования мягких бактериальных плёнок в твёрдые карбонатные строения. В то же время большинство исследователей считают, что только цианобактериальные сообщества создавали постройки строматолитов и микрофитолитов (Matsumoto, 1990; Розанов, Заварзин, 1997; Aharon, 2000; Анисимов и др., 2012). Находки этих строений являются доказательством образования пород в хорошо освещённых мелководных условиях зон прилива и отлива или лагун (Герасименко и др., 1996; Саввичев и др., 2011; Анисимов и др., 2012; Кузнецов, 2015).

В вышеописанных опытах автор попытался доказать, что подобные карбонатные образования гераклитов связаны с тектоническими зонами на дне морей и океанов, которые сопровождалась углеводородной палеодегазацией Земли. В более ранних наших работах отмечалось, что гераклиты, предположительно, созданы сообществом архей и бактерий, поэтому имеют довольно сложную структуру на микроуровне (Лукин

и др., 2006; Лысенко, 2014). Их довольно трудно изучать по отдельным срезам в шлифах из-за их разнообразия бактериального выделения карбоната. С такими же сложностями столкнулись исследователи при изучении современных карбонатных строений Чёрного моря (Хорн, 1972; Medvedev, Makarikhin, 2008). При изучении микритовых образований с помощью электро-микроскопа видно, что они представлены сплетением пластинчатых, трубчатых, нитевидных, округлых, хлопьевидных и гантелеобразных форм (Лукин и др., 2006; Лысенко, 2014). Было высказано предположение, что это продукты фоссилизации бактерий (Лысенко, 2014). Образование подобных разнообразных форм новообразований карбоната происходит в наших экспериментальных работах.

Описание сферолитовых бактериальных сообществ на поверхности тяжёлых нефтепродуктов кислотного остатка гераклитов (рис. 3) имеет большое морфологическое сходство и близкие размеры с известными, по литературным данным, желеобразными шариками на поверхности газогидратов метана на дне озера Байкал (Земская и др., 2011). У них, как и у наших образований, центральная пузырьковая часть окружена стреловидными волосяными выростами, направленными от центра (Земская и др., 2011). В желеобразных шариках со дна озера Байкала исследователи выявили богатое морфологическое разнообразие сообществ микроорганизмов. В их составе обнаружены метаногенные и метанотрофные археи и бактерии (Земская и др., 2011). Совсем другую форму имеют многолучевые шарообразные агрегаты современных нитчатых цианобактерий (Зайцева и др., 2007; Леонова и др., 2015). Возможно, эти отличия связаны с различными условиями образования и питания. Предположительно, в нашем первом опыте пищей сообщества прокариот являлись тяжёлые нефтепродукты и органическое углеводородное вещество гераклитов, запас которого создали прокариоты миоцена (Aloisi et al., 2000; Лысенко, 2014). Процессы биохимических реакций по образованию органического вещества и карбоната прокариотами подтверждались выделением газовых пузырьков. Из-за малых размеров состав газа в них установить не удалось.

Сферолитовые образования присутствуют в материале новообразования карбонатов во всех опытах. Предположительно, их формирование связано с шарообразными сообществами прокариот. Их внешняя морфология имеет большое сходство с описанием поверхности современных карбонатных построек на дне Чёрного моря (Геворкьян и др., 1991; Шнюков и др., 1995; Леин, 2005), а также с гераклитами и оксфордскими метанолитами (Лукин и др., 2006; Лысенко, 2014). Приводятся описания подобных сферолитовых образований при характеристике микрофитолитов (Жмур и др., 1999; Лукин и др., 2006; Анисимов и др., 2012; Кузнецов, 2015;). Первые описания сферолитовых образований на поверхности современных карбонатных построек приводится в работах В.Х. Геворкьян (1991). Более детальная характеристика сферолитовых текстур приводится в статье Шнюкова Е.Ф. с соавторами (1995). Они заметили, что эти образования в постройках на континентальном склоне Чёрного моря имеют размеры менее 1,0 мм, а из шельфовой зоны – 2,0 – 3,0 мм (Хорн, 1972; Шнюков и др., 2006). Позднее исследователи описывают подобные образования в карбонатных подводного грязевого вулкана Двуреченского (Шнюков и др., 2006). Здесь сферолиты найдены под бактериальным слоем и имеют размеры от 1,0 до 2,0 мм (Шнюков и др., 2006). Описание подобных сферолитовых образований в карбонатных постройках в других частях Мирового океана описывали и другие исследователи (Леин и др., 1975; Гальченко, 2001; Леин, 2005; Крылов и др., 2008; Лысенко, Цельмович, 2017). Позже в бактериальном обрастании матов на карбонатных постройках В.Ф. Гальченко (2001) обнаружил «мелкие включения (0,5–2,0 мм) карбонатного жемчуга». Он высказал предположение, что через некоторый промежуток времени образования карбонатного жемчуга срастаются между собой и образуют карбонатную корку (Гальченко, 2001). Необходимо отметить, что в наших бактериальных обрастаниях отмечаются точечные

округлые образования белого карбоната (рис. 7, 17). Возможно, это зародыши жемчужин.

Бактериальные плёнки обрастания гераклитов во втором и третьем опытах имеют некоторое сходство с описанием подобных образований на поверхности современных карбонатных построек, поднятых с больших глубин Чёрного моря (Леин, 2005). Это фактически подтверждает гипотезу некоторых исследователей, что в течение длительного периода геологической истории Земли сообщество прокариот по переработке метана не изменило свой внешний вид до наших дней (Розанов, 2003; Саввичев и др., 2011). Поведение бактериальной «поросли» во время прокачки, обрастание пузырьков газа кристаллами кальцита, а также изменения в растворе pH и температуры свидетельствуют, что метан является главным компонентом для создания карбоната и органического вещества сообществами прокариот. Нет значительных отличий в морфологии новообразований карбоната во втором и третьем опытах. Можно считать, что их формирование не связано с солнечной энергией. Сферолитовые, микро трубчатые, сотовые и пластинчатые обрастания поверхности гераклитов в наших экспериментах имеют внешнее сходство с описанием образований микрофитолитов (Анисимов и др., 2012) и тромболитов (Журавлева, 1964; Тимофеев, 1982). В тоже время подобные морфологические формы выделения карбоната характерны для метанолитов оксфорда, гераклитов миоцена (Лысенко, 2014) и современных бактериальных построек больших глубин морей и океанов (Mazzini et al., 2004; Medvedev, Makarikhin, 2008; Novikova et al., 2015; Лысенко, Цельмович, 2017;), а также озера Байкал (Крылов и др., 2008).

Значительное разнообразие форм выделения карбонатов в наших опытах свидетельствует, что существует многообразие объединений различных микроорганизмов, связанных кооперацией по созданию различного органического вещества для продолжения жизни. В наше время большое количество органических соединений синтезировано опытным путём (Вернадский, 1967). Встречаются многочисленные органические соединения в материале извержения современных вулканов на Камчатке. В этих природных явлениях и опытах главными источниками энергии получения органического вещества являются молнии и искровые разряды в приборах. В настоящее время нет единого взгляда на химические реакции преобразования  $\text{CH}_4$  в карбонатное вещество в анаэробных условиях. Большинство исследователей связывают окисление метана с деятельностью сульфатредуцирующих бактерий, которые используют кислород из сульфатов морской воды (Nathaway, 1968; Иванов и др., 1991; Aharon, 2000; Kodina et al., 2001; Леин, 2005; Зайцева и др., 2007). Это не согласуется с изотопным составом кислорода в карбонатных постройках (Леин, 2005). Его значения отличаются от сульфатов и близки к изотопному составу морской воды (Kodina et al., 2001; Mazzini et al., 2004; Леин, 2005). Имеется значительное сходство  $\delta^{18}\text{O}$  карбонатов построек и бикарбоната придонной воды (Леин, 2005). Д. Уалентайном и В. Рибургум предположили, что на первом этапе происходит окисление метана до ацетата и с последующем его окислением сульфатредуцирующими бактериями (Леин и др., 1975; Леин, 2005). Правда, многие микробиологи отрицали возможность окисления метана в процессе восстановления сульфата, так как эта реакция сопровождается поглощением энергии (Базаров, 1991). Довольно низкие концентрации  $\text{SO}_4^{2-}$  в растворе наших опытов позволяют также отказаться от предположения, что окисление метана осуществляется сульфатредуцирующими бактериями. Прокариоты метаногенов и метанотрофов известны с архея (Nathaway, 1968; Matsumoto, 1990; Саввичев и др., 2011), когда в гидросфере отсутствовали соединения с кислородом (Вернадский, 1967). Поэтому для окисления  $\text{CH}_4$  в анаэробных условиях, по предположению автора данной статьи, прокариоты научились добывать кислород за счёт разложения воды. В дальнейшем эту методику получения кислорода переняли у них цианобактерии и

растения (Вернадский, 1967). Можно предположить, что в наших опытах бактериальные сообщества для создания биогенного углеродистого вещества используют не только энергию окисления метана, а также энергию образования конечного продукта карбоната. Энергия Гиббса окисления метана до  $\text{CO}_2$  – 394,4 кДж/моль и  $\text{H}_2\text{O}$  – 228,6 кДж/моль, а получение кристаллического кальцита – 1127,2 кДж/моль (Базаров, 1991), поэтому в клетках бактерий происходит полный цикл окисления метана до образования карбоната. В солевом составе вод Мирового океана содержание катионов кальция в три-четыре раза меньше, чем магния (Тимофеев, 1982). Такой состав воды, по мнению многих исследователей, не изменялся в течение сотни миллионов лет (Тимофеев, 1982). Почему же для создания современных карбонатных построек (Nathaway, 1968; Шнюков и др., 1995; Von Rad et al., 1996; Kodina et al., 2001; Novikova et al., 2015; Лысенко, Цельнович, 2017), гераклитов (Лысенко, 2014) и оксфордских метанолитов археи и прокариоты используют в основном кальцит, иногда магниезиальный кальцит и очень редко доломит (Шнюков и др., 1995). Состав морской воды это не объясняет. Возможно, это связано с энергетической причиной. Энергия Гиббса образования молекулы  $\text{CaCO}_3$  (1128 кДж/моль) несколько выше формирования  $\text{MgCO}_3$  (1029 кДж/моль) (Базаров, 1991). Магний мог использоваться бактериальным сообществом в моменты значительных выбросов метана, когда в воде создавался дефицит катионов кальция для получения карбоната.

В кислой среде растворов наших опытов происходит образование карбонатного вещества предположительно в клетках прокариот, где живые организмы создают контролируемые щелочные условия (Wei Li, 2011). Возможно, разнообразие форм выделения новообразования карбоната, наблюдаемое в эксперименте, можно объяснить эластичностью и пластичностью мембраны клетки. Можно предположить, что усложнение морфологии карбонатных новообразований связано со срастанием аморфных кальцитовых частиц. Данный процесс дополнительно может контролироваться коагуляцией коллоидных систем клетки и кристаллографическими законами образования арагонита, а также преобразования его в кальцит с изменением объёма.

Во многих научных работах исследователи приводят довольно высокие скорости образования карбонатного материала сообществами прокариот (Заварзин, 2002; Зайцева и др., 2007; Саввичев и др., 2011; Леонова и др., 2015). В нашем третьем опыте сплошная цементация обломочного материала произошла за девять месяцев. Если просуммировать время подачи газа при проведении наших экспериментов, то полная продувка без перерывов составит 40 часов, то есть около двух суток. Эту скорость нельзя назвать мгновенной цементацией. Но, такие высокие возможности образования карбонатного цемента подтверждаются процессами, происходящими в прибрежной морской зоне бухты Ласпи (Лысенко, Шик, 2013). Возможно, в будущем с помощью искусственной продувки метана в среде метанотрофных и метаногенных прокариот можно будет создавать искусственные защитные рифы вдоль пляжных зон из искусственных конгломератов и песчаников. Технология цементации сообществами прокариот галечников и глинисто-песочных толщ в прибрежных морских зонах и на реках поможет удешевить и обезопасить строительство мостов, пирсов и прокладку транспортных сетей.

Интересные данные получены автором по результатам изучения pH среды раствора и его температурного режима. Повышенная кислотность среды с pH от 5,857 до 6,859 приводит к растворению карбонатного материала гераклитов и повышению концентрации катионов  $\text{Ca}^{+2}$  в растворе. Этот материал используется для создания новообразований бактериального кальцита, защищённого от растворения коллоидной плёнкой клетки. Можно предположить, что довольно кислая среда связана с малыми размерами посуды, в которой производились опыты. Такие микро-условия возможно существуют вблизи наростов бактериальных матов и в центральных частях современных

карбонатных построек Чёрного моря. Поэтому исследователи приводят описания совместного нахождения карбонатов и сульфидов (Medvedev, Makarikhin, 2008; Лысенко, Цельмович, 2017), хотя их формирование происходило в средах с разным рН. Кислотность наших растворов создают и контролируют бактериальные сообщества, что хорошо видно на графиках изменения рН и температуры (рис. 21, 23). Предположительно, кислая среда в наших опытах связана с наличием анионов  $\text{HCO}_3^-$  и органических кислот (Aloisi et al., 2000; Леонова и др., 2015). Медленный, плавный процесс понижения рН после окончания прокачки связан с незначительным повышением температуры на 0,3–0,5°. В растворе в это время происходят биохимические реакции с выделением энергии. Если бактериям не давать подкормку метаном в течение нескольких суток, то кислотность постепенно увеличивается и достигает 5,763. Возможно, растворяя гераклиты, сообщества прокариот питаются углеводородным веществом, созданном ещё в миоцене (Лысенко, 2014).

Загадкой является начало процесса поступления метана в раствор. В течение одной-пяти минут продувки происходит резкое падение рН на 0,5–0,9 единиц. С чем связаны такие скачки? Такие резкие изменения больше похожи на химическую реакцию нейтрализации раствора метаном, чем на биологический процесс, который дальше имеет спокойный характер. Подобные изменения в опытах описывали китайские исследователи, но у них возрастание происходило с 7,1 до 7,8 в течение двух суток (Taldenkova et al., 2005). Возможно, эти различия связаны с разными условиями или масштабами проведения опытов.

Дополнительным доказательством основной роли прокариот в изменении рН раствора являются результаты опытов с заменой его на свежую морскую воду. С каждой прокачкой уменьшается рН раствора и увеличивается время поглощения метана, что можно объяснить ростом численности колоний сообществ микроорганизмов.

Наши результаты экспериментов подтвердили, что гераклиты, оксфордские метанолиты и современные аутигенные карбонатные постройки, созданные сообществом прокариот, относятся к группе пород под названием микробиолиты (Vrooks et al., 1984; Кузнецов, 2015). Образование карбонатного и органического вещества происходит за счёт переработки метана. Имеется некоторое внешнее сходство форм выделения карбоната с подобными строениями цианобактерий и сине-зелёных водорослей (Журавлева, 1964; Тимофеев, 1982; Саввичев и др., 2011). Правда, за короткий промежуток вышеописанного эксперимента\_ бактериальные сообщества, сформированные в ёмкостях с обломками гераклитов, не создали карбонатных строений с микро полосчатыми и колломорфными текстурами, которые характерны для образований цианобактерий (Журавлева, 1964; Анисимов и др., 2012). Карбонатные постройки сообществ метанотрофных и метаногенных прокариот формируются на морском дне в зонах дегазации углеводородов, а создание строений цианобактерий происходит в хорошо освещённых зонах (Анисимов и др., 2012). Имеются значительные различия по образованию органики и карбоната за счет энергии Солнца и внутренней энергии Земли. Цианобактерии производят себе подобных в условиях непригодных для жизнедеятельности других организмов, а метанотрофные и метаногенные прокариоты создают вокруг зон дегазации оазисы жизни (Лысенко, 2014).

### **Выводы**

Эксперимент доказал возможность создания разнообразных форм новообразований карбоната сообществом прокариот за счёт переработки метана. Имеется внешнее сходство полученных в ходе опытов образцов карбоната с морфологией метанолитов оксфорда, гераклитов и современных аутигенных построек морей и океанов, что подтверждает их родственные связи. Все они относятся к группе

пород под названием микробиолиты. Высокие скорости образования карбоната в серии экспериментов ставят под сомнение тысячелетние величины возраста современных карбонатных построек на дне морей и океанов, которые были получены некоторыми авторами по изотопному составу углерода (Хорн, 1972; Леин и др., 1975).

В наших опытах бактериальные плёнки обрастания имеют определенное сходство с описаниями подобных образований на поверхности современных карбонатных построек, поднятых с больших глубин Чёрного моря. Это дает право предположить, что за длительное геологическое время сообщество бактерий и архей по переработке метана не претерпели значительных эволюционных изменений. Внешняя морфология некоторых форм новообразований карбоната в наших опытах имеет некоторое сходство с материалом, создающим цианобактерии. Этот факт можно объяснить тем, что их создатели принадлежат к одному царству прокариот (Розанов, 2003). Следует отметить, что цианобактерии и сообщество метанотрофных бактерий и архей используют разные источники вещества и энергии для образования органики и карбоната. Образованные ими карбонатные строения созданы в разных палеогеографических условиях.

При современных исследованиях дна морей и океана методами сейсморазведки выделяют многочисленные зоны повышенной трещиноватости с выходами флюидов углеводородов. Обследование части из них показало, что обычно рядом с покмарками находятся бактериальные маты и аутигенные карбонатные постройки (Suess et al., 1985; Mazzini et al., 2004; Леин, 2005; Лысенко, Цельмович, 2017). Как известно, благодаря деятельности метанотрофных архей по переработке углеводородов в карбонат и органическое вещество, значительно уменьшается поступление метана в атмосферу и гидросферу. Подобные процессы их защиты происходили в прошлом, о чём свидетельствуют находки подобных карбонатных образований гераклитов и оксфордских метанолитов в отложениях мезозоя и кайнозоя.

У автора были очень ограниченные технические возможности в организации и проведении опытов. Было бы целесообразно продолжить их на более высоком лабораторно-аналитическом уровне, используя уникальный исходный материал из неогеновых метанолитов, какими являются гераклиты. Дальнейшие работы должны быть направлены на изучение образования карбонатного вещества в анаэробных и аэробных условиях при изменении показателей температуры, давления, солёности и объёмов экспериментальной посуды. Необходимо выяснить, с какими химическими и органическими образованиями связана кислая среда раствора. Применение современных методов меченых изотопов, позволит установить этапы образования карбонатов и их связь с созданием органического вещества.

Дальнейшие опытные работы по изучению образованию карбонатного вещества сообществами прокариот за счёт переработки метана позволит разработать методику цементации рыхлых осадков в морях, океанах и реках. Биогенная цементация в будущем позволит создавать искусственные рифы вдоль пляжных зон и упростить строительство на иловых отложениях.

### Список литературы

1. *Анисимов А.Ю., Анисимова С.А., Титоренко Т.Н.* Палеонтология докембрия. Фитолиты (строматолиты и микрофитолиты). – Иркутск: Иркутский университет, 2012. – 118с.
2. *Базаров И.П.* Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991. – 376 с.
3. *Вернадский В.И.* Биосфера. – М.: Наука, 1967. – 376 с.
4. *Вологдин А.Г.* Геологическая деятельность микроорганизмов // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1947. – № 3. – С. 19–36.
5. *Гальченко В.Ф.* Метанотрофные бактерии. – М.: ГЕОС, 2001. – 500 с.
6. *Герасименко Л.М., Гончарова И.В., Жегалло Е.А., Заварзин Г.А., Зайцева Л.В., Орлеанский В.К., Розанов А.Ю., Ушатинская Г.Т.* Процесс минерализации



- (фосфатизации) нитчатых цианобактерий // Литология и полезн. ископаемые. – 1996. – № 2. – С. 208–214.
7. Геворкьян В.Х., Бураков В.И., Исагулова Ю.К. Газовыделяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря // Докл. АН УССР. – 1991. – №4. – С. 80–85.
  8. Жмур С.И., Горленко В.М., Герасименко Л.М. Сравнительная морфология современных и древних земных бактериальных организмов и микрофоссилий из углеродистых метеоритов // Микробиология. – 1999. – Т. 68. – № 6. – С. 838–844.
  9. Журавлева З.А. Онколиты и катаграфии рифея и нижнего кембрия Сибири и их стратиграфическое значение. – М.: Наука, 1964. – 75 с.
  10. Заварзин Г.А. Микробный геохимический цикл кальция // Микробиология. – 2002. – Т. 71. – № 1. – С. 5–22.
  11. Зайцева Л.В., Орлеанский В.К., Алексеев А.О., Ушатинская Г.Т., Герасименко Л.М. Трансформация карбонатных минералов в цианобактериальном мате при лабораторном модулировании // Микробиология. – 2007. – Т.76. – № 3. – С. 390–404.
  12. Земская Т.И., Шубенкова О.В., Максименко С.Ю. и др. Структура желеобразных матов в районе приповерхностного залегания газогидратов структуры Санкт-Петербург (Средний Байкал) // Геология морей и океанов: Материалы 19 Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – 2011. – Т.2. – С. 42–43.
  13. Иванов М.В., Поликарпов Г.Г., Лейн А.Ю. и др. Биохимия цикла углерода в районе метановых выделений Черного моря // Докл. АН СССР. – 1991. – Т. 320, №5. – С. 1235–1240.
  14. Исаченко Б.Л. О биогенном образовании карбоната кальция // Микробиология. – 1948. – Т. 17. – С. 118–125.
  15. Крылов А.А., Хлыстов О.М., Земская Т.И., Минами Х. и др. Формирование аутигенных карбонатов в грязевых вулканах озера Байкал // Геохимия. – 2008. – № 10. – С. 1051–1062.
  16. Кузнецов В.Г. Литология микробиолитов // Вестник РАН. – 2015. – Т. 85. – № 12. – С. 1092–1102.
  17. Лейн А.Ю., Логвиненко Н.В. Сулержинский Л.Д. и др. Об источнике углерода и возрасте диагенетических карбонатных конкреций Калифорнийского залива // Литология и полезные ископаемые. – 1975. – №1. – С. 23–35.
  18. Лейн А.Ю. Потоки метана из холодных метановых сипов Черного и Норвежского морей: количественные оценки // Геохимия. – 2005. – №4. – С. 138–159.
  19. Леонова Л.В., Кузьмина Л.Ю., Рябова А.С., Симакова Ю.С., Главатских С.П., Червяцова О.Я. Современные конкреции: Минералогические исследования и экспериментальный подход. Эксперименты по осаждению карбонатов с помощью бактериальных сообществ. Част 2. // Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2015. – № 10 (250). – С. 45–51.
  20. Лукин А.Е., Лысенко В.И., Лысенко Н.И., Наумко И.В. О происхождении гераклитов // Геолог Украины. – 2006. – №3. – С. 23–39.
  21. Лысенко В.И., Шик Н.В. Современные процессы образования карбонатов, связанных с углеводородной дегазацией в бухте Ласпи (Южный берег Крыма) // Пространство и Время. – 2013. – № 2 (12). – С. 151–158.
  22. Лысенко В.И. Перспективы поиска месторождений нефти и газа в Юго-западном Крыму по результатам изучения палеодегазации неогена и геологии региона // Пространство и Время. – 2014. – №2(16). – С. 234–243.
  23. Лысенко В.И., Цельмович В.А. Результаты изучения минералогии материала бактериальных карбонатных палеопостроек миоцена из зон глубинной палеодегазации (Юго-западный Крым) [Электронный ресурс] // Элек-тронное научное издание Альманах Пространство и Время. – 2017. – Т. 14. – Вып. 1:

- Крымоведение: пространство и время Крыма. – Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov\_e-ast14-1.2017.11.
24. *Саввичев А.С., Захарова Е.Е., Веслополова Е.Ф. и др.* Микробные процессы циклов углерода и серы в Карском море // *Океанология*. – 2011. – Т. 50. – № 6. – С. 942–957.
  25. *Розанов А.Ю.* Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы // *Палеонтол. журн.* – 2003. – № 6. – С. 41–49.
  26. *Розанов А.Ю., Заварзин Г.А.* Бактериальная палеонтология // *Вестн. РАН*. 1997. – Т.67. – № 3. – С. 35–39.
  27. *Тимофеев Б.В.* Микрофитофоссилии раннего докембрия. – Л.: Наука. 1982. – 128 с.
  28. *Хорн. Р.* Морская химия (структура воды и химия гидросферы). – М.: Мир, 1972. – 400 с.
  29. *Шнюков Е. Ф., Соболевский Ю.В., Кутный В.А.* Необычные карбонатные постройки – вероятное следствие дегазации недр // *Литология и полезные ископаемые Мирового океана*. – 1995. – № 5. – С. 451–461.
  30. *Шнюков Е. Ф., Кутный В.А., Маслаков Н.А. Шнюкова Е. Е.* К минералогии карбонатных образований газовых источников Черного моря // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. – 2006. – № 2. – С. 69–81.
  31. *Aharon P.* Microbial processes and products fueled by Hydrocarbons at submarine seeps // *Microbial sediments*. Riding R.E. and Awramic S.M. (Eds). – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2000. – P. 270–281.
  32. *Allwood A.C., Walter M.R., Kamber B.S., Marshall C.P., Burch I.W.* Stromatolite reef from the Early Archaean era of Australia // *Nature*. – 2006. – V. 441. – P. 714–717.
  33. *Aloisi G., Pierre C., Rouchy J.-M. et al.* Methane related authigenic carbonates of eastern Mediteranian Sea mud volcanoes and their possible relation to gas hydrate destabilization // *Earth and Planet. Science Letters*. – 2000. – V. 184. – P. 321–328.
  34. *Brooks J.M., Kennicutt M.C., Fry R.R., McDonald T.J.* Thermogenic Gas Hydrates in the gulf of Mexico // *Science*. – 1984. – V. 225. – P. 409–411.
  35. *Burne R.V., Moore L.S.* Mikrobiolites: Organosedimentary Deposits of Bentic Microbial Communities // *Palaios*. – 1987. – № 3. – pp. 241–254.
  36. *Fuex A.N.* The use of stable carbon isotopes in hydrocarbon exploration // *J. Geochim. Explor.* – 1977. – V. 7. – P. 155–198.
  37. *Hathaway J.C., Degens E.I.* Methane derived marine carbonate of pleistocene age // *Science*. – 1968. – V. 165. – P. 690–692.
  38. *Kodina L.A., Tokarev V.G., Vlasova L.N., Pribylova T.N.* Carbonate minerals ikaite and glendonite and carbonate nodules in Holocene Kara Sea sediments: geological and isotopic evidence // *Rep. Pol. Mar. Res.* – 2001. – V. 393. – P. 189–196.
  39. *Mazzini A., Ivanov M.R., Pamell J. et all.* Methane-related authigenic carbonates from the Black Sea // *Mar. Geol.* – 2004. – V. 212. – P. 153–181.
  40. *Matsumoto R.* Vuggy Carbonate Crust Formed by Hydrocarbon Seepage on the Continental Shelf of Baffin Island Northeast Canada // *Geochem.J.* – 1990. – V.24. – P. 143–158.
  41. *Medvedev P.V., Makarikhin V.V.* Early Precambrian stromatolite assemblages of the Baltic Shield // *Geobiology of Stromatolites*. Intern. Kalkowsky-Symposium Gottingen, October 4-11, 2008. Abstract Volume. – Gottingen: Universitatsverlag Gottingen. 2008. – P. 99–100.
  42. *Novikova S.A., Shnyukov Y.F, Sokol E.V., Kozmenko O.A., Semenova D.V., Kutny V.A.* A methane-derived carbonate build-up at a cold seep on the Crimean slope, north-western Black Sea. *Marine Geology*. – 2015. – № 363. – pp. 160–173.
  43. *Schubert C.J., Nürnberg D., Scheele N. et al.* <sup>13</sup>C isotope depletion in ikaite crystals: evidence for methane release from the Siberian shelves? // *Geo-Marine Letters*. – 1997. – V. 17. – P. 169–174.

44. *Sibuet M., Olu K.* Biogeography, biodiversity and fluid dependence of deep-sea cold seep communities at active and passive margins // *Deep-Sea Research.* – 1998. – V. 45. – P. 517–567.
45. *Suess E., Carson B., Ritger S.D. et al.* Biological communities at vent sites along the subduction zone off Oregon // *Bulletin of the biological Society of Washington.* – 1985. – V. 6. – P. 475–484.
46. *Taldenkova E., Bauch H.A., Stepanova A. et al.* Postglacial to Holocene history of the Laptev Sea shelf as reflected in molluscan, ostracodal, and foraminiferal faunes // *Global and Planetary Change.* – 2005. – № 4. – P. 223–251.
47. *Tianfu X., Kegi B., Hailong T., Yuding C.* Laboratory experiment and numerical simulation on authigenic mineral formation induced by seabed methane seeps // *Marine and Petroleum Geol.* – 2017. – Vol. 88. – P. 950-960.
48. *Von Rad U., Rosch H., Berner H. et al.* Authigenic carbonates derived from oxidized methane vented from the Makran accretionary prism of Pakistan // *Mar. Geol.* – 1996. – V. 136. – P. 55–77.
49. *Wei Li, Li-Ping Liu, Peng-Peng Zhou, Long Cao, Long-Jiang Yu, and ShiYun Jiang.* Calcite precipitation induced by bacteria and bacterially produced carbonic anhydrase. *Research Articles Current Science.* – 2011. – V. 100. – № 4. – pp. 502–508.

## AN EXPERIMENT ON THE REVIVAL OF COMMUNITIES OF ARCHAEA AND MIOCENE BACTERIA FROM HERACLITES

**Lysenko V.I.**

*Sevastopol Branch of Lomonosov Moscow State University, Sevastopol, Russian Federation,  
e-mail: [niagara\\_sev@mail.ru](mailto:niagara_sev@mail.ru)*

The article presents the results of experimental work on the revitalization of prokaryotic communities from Miocene carbonate formations called heraclites. Experiments have shown that the formation of organic and carbonate substances occurs due to the processing of methane by the community of bacteria and archaea. Changes in temperature and pH during methane pumping indicate biochemical processes in solution. The formation of bacterial carbonate material occurs in the acidic medium of the solution with a pH from 5.750 to 6.674. Bacterial film protects carbonate neoplasms from dissolution. The variety of forms of bacterial carbonate, which have an external similarity with the morphology of modern carbonate structures of the seas and oceans, heraclites and Oxford methanolites, is surprising. The high growth rates of bacterial carbonate in experiments, cast doubt on the millennial age of modern carbonate structures at the bottom of the seas and oceans. The color form and zonality of the Miocene bacterial overgrowing is similar in appearance to the modern one in the Black Sea, which confirms the hypothesis of their minor evolutionary changes. It is advisable to continue at a higher analytical level experimental work on the study of microbial communities from Miocene heraclites.

**Keywords:** bacteria; archaea; methanotrophic and methanogenic prokaryotes; chemosynthesis; bacterial mats; carbonate buildings; experiment; methane; carbonate neoplasms; Miocene; Heraclitus.

*Поступила в редакцию 17.09.2019 г.*

УДК 502.(4+5); 911.9

## ДИНАМИКА МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В 2014-2018 ГГ.\*

Никифорова М.П.<sup>1</sup>, Лапченко В.А.<sup>2</sup>, Зуев А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,

г. Симферополь, Российская Федерация, e-mail: [nikiforovamp@yandex.ru](mailto:nikiforovamp@yandex.ru),

<sup>2</sup>Каратагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал

ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ, пгт. Курортное, г. Феодосия, Российская Федерация,

e-mail: [ozon.karadag@gmail.com](mailto:ozon.karadag@gmail.com)

Приведен анализ изменчивости приземной температуры на территории Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН – филиала ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» в 2014–2018 гг., особое внимание уделено выявлению особенностей межгодовой динамики максимальных температур воздуха. В качестве исходного материала использованы данные срочных измерений, проводимых в двух точках Карадагского заповедника, а именно на Станции фонового экологического мониторинга (СФЭМ) (г. Святая, 180 м над у.м.) и в Карадагском ландшафтно-экологическом стационаре (КЛЭС) (хребет Беш-Таш, 140 м. над у.м.). Показано, что разница между срочными измерениями приземной температуры двух станций может достигать больших величин (до 10°C в отдельных случаях), в то же время среднесуточные значения отличаются не так значительно, а среднегодовые температуры за 2014–2018 гг. отличаются на 0–0,2°C. Это объясняется, в большей степени, особенностями суточного хода температуры воздуха на Карадаге: при отсутствии солнца в северо-восточной части территории заповедника, где расположена СФЭМ, температуры выше по сравнению с юго-западной частью (КЛЭС), а в дневные часы – наоборот. Показана тенденция к регистрации за последние пять лет все больших значений максимальной за год температуры, к существенному увеличению числа жарких дней (температуры выше порогового значения), а также к повышенным значениям суммы активных температур.

**Ключевые слова:** Карадагский заповедник, приземная температура, изменчивость, суточный и сезонный ход, межгодовая динамика, максимальная температура.

### Введение

Несмотря на многочисленные международные соглашения по вопросам климата, по всему миру наблюдаются существенные климатические изменения, темпы которых за последние пять лет значительно увеличились, что, в первую очередь, проявляется в изменчивости приземных температур. По состоянию на конец 2018 г. (Доклад об особенностях..., 2019), все восемнадцать лет XX в. входят в число двадцати самых жарких лет за всю историю метеонаблюдений (в 20-ку также входят два года конца XIX в. – 1997 и 1998 гг.). В Европе 2018 г. наряду с 2014 г. признан самым жарким годом с момента начала инструментальных наблюдений за погодой. Небывалые температурные аномалии наблюдались в полярных регионах, особенно в Арктике – на 3–4°C больше среднегодовой нормы, что приводит к дальнейшей интенсификации процессов таяния льдов и вечной мерзлоты (площадь арктического морского льда за зимний период 2018 г. стала рекордно низкой). Температурные аномалии на Северном полюсе в зимний период 2018 г. достигли такой величины, что впервые для этого времени года приземная температура тут поднялась выше нуля.

---

\* Исследование выполнено при поддержке Программы развития ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» на 2015-2024 годы по проекту «Сеть академической мобильности «ГИС-Ландшафт – Технологии и методики формирования геопорталов современных ландшафтов регионов» в 2017 году, а также в рамках темы Гос. задания КНС – ПЗ РАН филиала ФГБУН ФИЦ ИНБЮМ (№АААА-А19-119012490044-3).

Анализ погодных условий в Российской Федерации в 2018 г. (Доклад об особенностях..., 2019) показал наличие существенных аномалий по всей территории страны. Особенностью этого года стали своеобразные «температурные качели» в различных российских регионах, которые проявлялись в резких скачках приземной температуры (от существенной положительной аномалии до существенной отрицательной), происходящих менее чем за сутки. Аналогичная неоднородность была характерна и для осадков, наряду с продолжительными и мощнейшими периодами засухи в некоторых областях в соседних регионах наблюдались сильнейшие ливни, при которых месячные нормы осадков и более выпадали за одни сутки. Подобные феномены являются одним из проявлений современных климатических изменений, опасность которых заключается в существенном увеличении числа опасных погодных явлений. Так, в 2018 г. количество тропических циклонов было выше нормы во всех водах Северного полушария. Значительно возросло число опасных явлений погоды и на территории России: в 2017 г. их общее число составило 907 случаев, а в 2018 г. – уже 1040 (Доклад об особенностях..., 2019).

Превышение рекордных значений аномалий приземной температуры продолжилось и в 2019 г. В мае-июне на территории Европы наблюдалась чрезвычайная жара, на многих пунктах наблюдений были обновлены температурные рекорды, при этом положительные аномалии приземной температуры достигали 10°C по сравнению с нормой. Рекордные температуры были зафиксированы в полярных регионах Северного полушария. Например, на Аляске впервые за всю историю метеонаблюдений в начале июня был открыт купальный сезон, а дальнейшее усиление жары привело к сильнейшим лесным пожарам, из-за которых были эвакуированы жители многих территорий. В Арктике июнь 2019 г. вновь обновил предыдущий рекорд и стал самым теплым за инструментальный период, а лед вокруг Аляски, который, как правило, держится до июня, полностью растаял уже в марте (Пресс-служба Гидрометцентра, <http://meteoinfo.ru>).

В подобных условиях трудно переоценить актуальность метеонаблюдений, а также подробный анализ с выявлением закономерностей, факторов и причин изменчивости метеопараметров, позволяющий впоследствии перейти к ее моделированию и прогнозированию. В настоящей работе анализируется изменчивость приземной температуры в 2014–2018 гг. на территории КНС – ПЗ РАН филиала ФГБУН ФИЦ ИНБЮМ (Карадагский заповедник). Актуальность анализа температурного режима фоновых станций заключается, прежде всего, в выявлении закономерностей изменчивости приземной температуры в пунктах, находящихся вдалеке от городских источников тепла («островов тепла» городов). Кроме этого, большинство подобных станций, в том числе и рассматриваемые в данной работе, расположены в границах особо-охраняемых природных территорий, где, как правило, встречаются многие редкие виды флоры и фауны (Липка, 2017). Именно они в первую очередь реагируют на изменения внешней среды, к числу которых, безусловно, относятся современные климатические изменения (Тишков, 2011; Сергиенко, Константинов, 2016).

Флора высших сосудистых растений Карадага насчитывает 1165 видов, из которых 108 видов имеют различные статусы охраны. В заповеднике произрастает большое количество эндемичных растений Крыма, а также реликтовых растений, относящихся, в основном, к доледниковой эпохе (Карадаг заповедный..., 2011). Не меньшим разнообразием отличается и животный мир заповедника, а также морская флора и фауна. Большое число их видов имеют различные охранные статусы. Таким образом, результаты анализа особенностей вариаций приземной температуры на территории Карадагского заповедника могут быть использованы не только для изучения закономерностей изменчивости температурного режима в Крыму, но и в вопросах влияния изменений температуры воздуха на заповедную флору и фауну.

## Материалы и методы

В качестве исходного материала исследования использовались данные срочных (ежечасных) измерений приземной температуры в 2014–2018 гг., осуществляемые на территории Карадагского заповедника на двух станциях:

1. Станция фонового экологического мониторинга (СФЭМ, г.Святая, 44°55' с.ш., 35°14' в.д., 180 м над у.м.).

2. Карадагский ландшафтно-экологический стационар (КЛЭС, хребет Беш-Таш, 44°55' с.ш., 35°12' в.д., 140 м (111 м по данным GPS) над у.м.).

Месторасположение СФЭМ на северо-восточном склоне горы Святая было согласовано в 2012 г. с Координационным Химическим Центром КХЦ (Норвегия) по программе ЕМЕП. За время своего существования СФЭМ участвовала во многих всероссийских и международных проектах. Измерения приземной температуры проводятся с использованием метеорологической станции WS-600-UMB Lufft (GmbH, Fellbach, Germany, <http://www.lufft.com>) с точностью измерений  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .

КЛЭС располагается в юго-западной части Карадагского заповедника, на юго-восточном склоне хребта Беш-Таш, в 1,85 км от Черного моря. Абсолютная высота хребта в пределах стационара – 257 м над у.м. Превышение верховий над устьем балки КЛЭС составляет 140 м. Метеорологическая площадка стационара, на которой регулярно проводились измерения температуры воздуха в защитных жалюзийных будках для метеорологических приборов с метеорологическими термометрами (ТМ-1, ТМ-2, ТМ-4) и недельным термографом М-16АН обеспечивающим непрерывную регистрацию изменений температуры воздуха с погрешностью  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (ежечасные данные которого и были использованы в настоящей работе, точность температурных значений достигалась путем поправок с использованием показаний термометров погрешность которых составляет  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ), находится в нижней части водосбора на относительно ровной поверхности (СВ, крутизна  $5^{\circ}$ ) в 15 м от тальвега балки на высоте 140 м над у.м. (т.е. уже в пределах Карадагской долины). Влияние долинного рельефа на термический режим здесь заметно выражено (Природа Карадага..., 1989).

Исходные данные за 2014–2018 гг. однородны и практически не имеют пропусков, единственный существенный пробел – начало 2016 г., связанный с отключением электроэнергии на Крымском полуострове, поэтому начало непрерывных измерений на СФЭМ в 2016 г. датируется 16 апреля.

Анализ исходного материала осуществлялся методами математической статистики и спектрального анализа. По срочным данным результатов измерений метеорологических параметров за каждый час вычислялись среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения. В расчетах учитывались значения с точностью измерения более 99% (были исключены не более 10 точек за весь рассматриваемый период). Для анализа приземных температур по стандартным формулам рассчитывались среднеквадратическое отклонение и амплитуда (разница среднесуточных температур двух последовательных дней). Для выполнения расчетов и составления иллюстрационного материала использовались программы PTC Mathcad 13.0, а также Golden Grapher 11.0.

## Результаты и обсуждение

Анализ публикаций за последние года подтверждает, что в Крыму наблюдаются общемировые тенденции современных климатических изменений и, в частности, опасных метеорологических явлений:

- увеличиваются среднемесячные температуры и годовые суммы осадков (Данова, Никифорова, 2016; Парубец, 2009);

- увеличивается число ураганных ветров и песчаных бурь (Жук, Ергина, 2017; Жук, Ергина, 2018);
- наблюдается рост и экстремальные значения биоклиматических показателей (Данова, Никифорова, 2016; Никифорова, 2017 (2); Данова, Никифорова, 2018);
- возрастает число волн тепла (Никифорова, 2017 (1); Никифорова, 2017 (2)).

За последние пять лет (2014–2018 гг.) на территории Карадага, по данным измерений двух рассматриваемых станций, также наблюдается тенденция к увеличению температур (по данным (Карадаг заповедный..., 2011) среднемноголетняя среднегодовая температура в одном из наиболее теплых мест Карадагского региона – на Карадагской научно-исследовательской геофизической обсерватории (КНИГО, 42 м над у.м) составляла 12,1°C). В табл. 1 приведены значения среднегодовых приземных температур, полученных на станциях СФЭМ и КЛЭС.

**Таблица 1.**

**Значения среднегодовой приземной температуры на территории Карадага за 2014–2018 гг.**

	СФЭМ	КЛЭС
2014	12,9	12,9
2015	13,3	13,1
2016	12,5	12,5
2017	13,0	12,8
2018	13,5	13,6

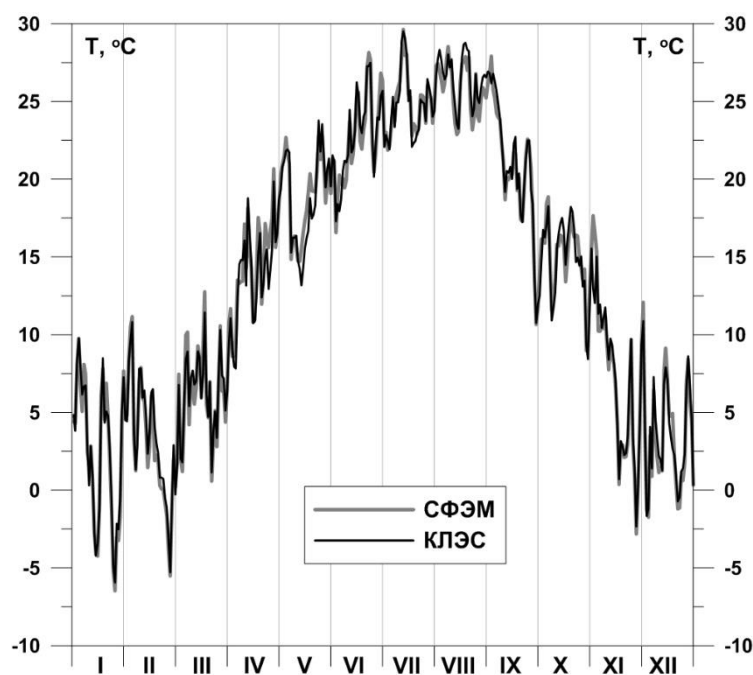
Из табл. 1 видно, что среднегодовые значения приземной температуры на двух станциях практически не отличаются. Для некоторых рассматриваемых лет, на станции СФЭМ значения температуры больше значений станции КЛЭС на десятые градуса. Наибольшая разница среднегодовой приземной температуры наблюдается в 2015 и 2017 гг. и составляет 0,2°C. За последние пять лет среднее значение среднегодовой температуры составляет  $\approx 13^\circ\text{C}$  для обеих станций, что совпадает со среднемноголетней величиной температуры на Южном берегу Крыма, где в последние годы также наблюдается заметное повышение приземных температур (Никифорова, 2017 (2)).

Самым теплым годом за последние пять лет стал 2018 г. (как и для многих пунктов по всему земному шару). На рис. 1 представлен годовой ход среднесуточной приземной температуры в 2018 г. на двух станциях Карадага.

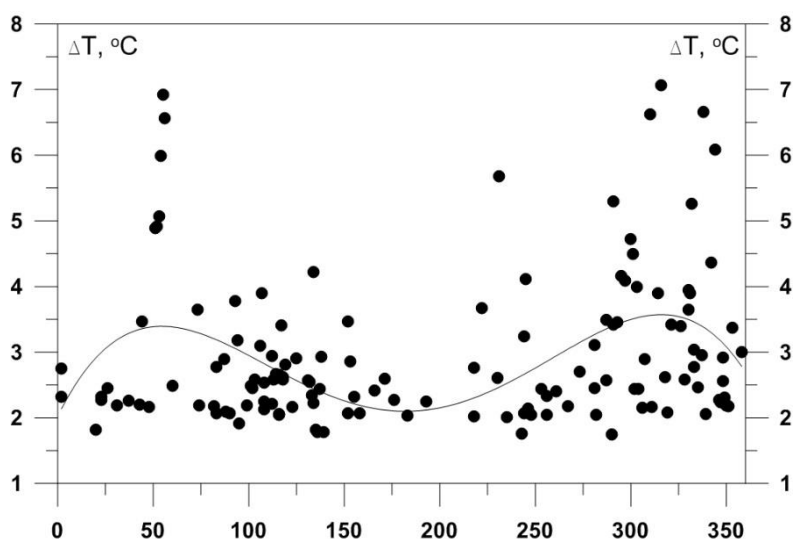
Из рис. 1 видно, что, как правило, на положительных пиках годового хода приземной температуры на станции СФЭМ фиксируются большие значения по сравнению со станцией КЛЭС. Аналогичные особенности характерны и для остальных годов в рамках рассматриваемого 5-летнего периода. На основании полученных ранее результатов анализа метеорологических условий на Карадаге в 2014–2018 гг. (Никифорова, Лапченко, 2019), были изучены особенности распределения наибольших значений разброса между среднесуточными температурами, полученными на двух станциях Карадагского заповедника (учитывались значения, которые превышали среднеквадратическое отклонение соответствующих временных рядов). На рис. 2 представлено распределение значений разницы между среднесуточной температурой по данным СФЭМ и КЛЭС в зависимости от номера суток в году (учитывались все года периода 2014–2018 гг.). Из рис. 2 видно, что распределение разницы между рассматриваемыми рядами среднесуточных температур в годовом ходе имеет полиномиальный вид (2 степени).

Если наибольшие значения, как правило, наблюдаются ранней весной и поздней осенью, то основное число случаев существенной разницы (сравнимой с соответствующим среднеквадратическим отклонением) между среднесуточными температурами, регистрируемыми на СФЭМ и КЛЭС, приходится на весенние и осенние

месяцы. В летний период, несмотря на небольшие значения среднеквадратического отклонения (Никифорова, Лапченко, 2019), случаи их превышения за 2014–2018 гг. были редки.



**Рис. 1.** Среднесуточные приземные температуры на Карадаге в 2018 г. по данным СФЭМ и КЛЭС



**Рис. 2.** Распределение по номеру суток в году значений разницы между среднесуточными температурами, полученными на СФЭМ и КЛЭС

На рис. 3 представлен среднегодовой суточный ход приземной температуры на территории Карадагского заповедника по данным измерений двух станций (за 2018 г., аналогичные особенности характерны для всех лет периода 2014–2018 гг.). Из рис. 3 видно, что на станции КЛЭС, расположенной в юго-западной части Карадагского заповедника, температура воздуха при отсутствии солнца (в среднегодовом суточном ходе с  $\approx 17$  ч. до  $\approx 7$  ч. утра), прежде всего, из-за ночной инверсии температуры, ниже по сравнению с северо-восточной частью заповедника, где находится станция СФЭМ.



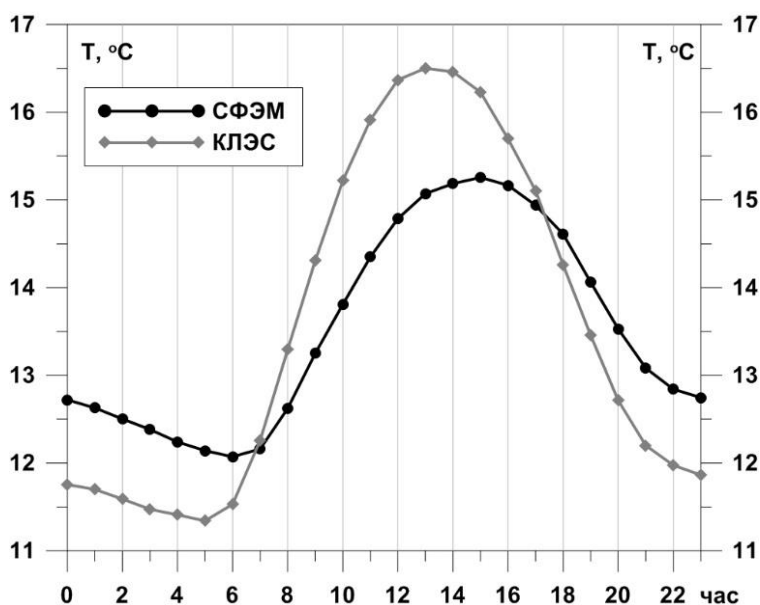


Рис. 3. Суточный ход приземной температуры на территории Карадагского заповедника по данным измерений СФЭМ и КЛЭС (среднегодовые значения за 2018 г.)

В то же время дневные температуры, регистрируемые на КЛЭС, на 1–2°C выше по сравнению с данными СФЭМ. Из рис. 3 также следует, что в рассматриваемых частях территории Карадагского заповедника отличается время наступления максимальной дневной температуры: на станции СФЭМ она регистрируется в районе 14–15 ч. дня, а на станции КЛЭС – в 13–14 ч. дня. Подобные особенности характерны для всех месяцев года и мало зависят от сезона. Связано это, на наш взгляд, с особенностями форм рельефа месторасположения рассматриваемых станций. Так, установлено (Природа Карадага..., 1989), что для Карадагской долины, на территории которой расположена станция КЛЭС, характерны повышенные значения приземной температуры в дневные часы, в виду ослабления вертикального обмена. Одним из факторов выявленных отличий суточного хода приземной температуры на двух станциях, по всей видимости, может быть то, что на северо-восточные склоны г. Святая (месторасположение СФЭМ) приходится наименьшие по территории Карадагского заповедника величины солнечной радиации, а на южные склоны хребта Беш-Таш (месторасположение КЛЭС) – наибольшие (Карадаг заповедный..., 2011). Влияние также могут оказывать особенности циркуляции и ветрового режима, однако, к сожалению, подобные исследования осуществляются только на СФЭМ. Высотный градиент, величина которого для территории Карадагского заповедника в среднем составляет  $\approx 0,8^{\circ}\text{C} / 100 \text{ м}$ , по-видимому, не оказывает существенного влияния на различия термических режимов в рассматриваемых районах.

Рассматриваемый 5-летний период (2014–2018 гг.) в виду небольшой длины ряда не позволяет сделать достоверных выводов о межгодовой динамике приземной температуры в районе Карадага. Из табл. 1 видно, что ее среднегодовые значения за последние 5 лет имели разные величины с разбросом около 1°C, однако, все они были больше среднемноголетнего значения для одного из самых теплых мест в пределах Карадагской горной группы (КНИГО) – 12.1°C. Причем в самый теплый за рассматриваемый период год (2018 г.) это превышение составило существенную величину – около полутора градусов. Такие данные соответствуют мировым тенденциям повышения температуры воздуха в эпоху современных климатических изменений. В табл. 2 приведена максимальная температура, регистрировавшаяся в каждый год 2014 – 2018 гг. периода на станциях СФЭМ и КЛЭС на территории Карадагского заповедника.

Таблица 2.

**Значение и время наблюдения максимальной температуры за год по данным измерений СФЭМ и КЛЭС.**

	СФЭМ	КЛЭС
2014	33,1 °С 16 августа 15:00	34,7 °С 7 августа 12:48
2015	33,6 °С 4 сентября 13:00	34,5 °С 4 сентября 11:00
2016	33,2 °С 8 августа 15:00	35,2 °С 3 августа 13:58
2017	36,4 °С 8 августа 14:00	38,5 °С 8 августа 13:00
2018	34,0 °С 11 июля 16:00	34,3 °С 10 июля 15:20

Из табл. 2 видно, что за исключением 2018 г. каждый год срочные измерения на территории Карадагского заповедника за последние 5 лет показывали все большее максимальное значение приземной температуры. Как и показывает суточный ход температуры на каждой из станций (рис. 3), большинство случаев максимальной температуры на СФЭМ регистрировалось в районе 15 ч., а на КЛЭС – около 13 ч. дня. Наблюдается также и характерная разница в 1–2 °С в величинах зафиксированных температурных максимумов (на КЛЭС больше чем на СФЭМ). Из табл. 2 следует также, что, как правило, самые высокие температуры на Карадаге наблюдаются в первой декаде августа. В это же время года был зафиксирован и абсолютный температурный рекорд – 40,0°С в 1998 г. (Карадаг заповедный..., 2011).

Несмотря на то, что максимальная срочная температура воздуха в 2017 г. была выше, чем в 2018 г., именно последний год стал самым теплым на Карадаге за рассматриваемый период. Объяснение этому можно увидеть на рис. 4, на котором представлено количество суток в каждом году периода 2014–2018 гг., среднесуточная температура которых была выше 23,8°С. Выбор данного порогового значения объясняется тем, что согласно среднемноголетним данным (Карадаг заповедный..., 2011) наибольшая среднемесячная температура для территории Карадагского заповедника наблюдается в июле, а ее величина составляет 23,8°С.

Из рис. 4 видно, что количество суток в году, когда среднесуточная температура превышает пороговое значение, за последние пять лет неуклонно возрастает. Причем этот рост за 2016–2018 гг. имеет гораздо более высокие темпы по сравнению с периодом 2014–2016 гг. В 2018 г. количество таких суток по данным измерений обеих станций превысило 60, т.е. два полных месяца. В июле число суток с температурами выше порогового значения за последние 5 лет изменяется мало, причем на двух станциях фиксируются противоположные тенденции: на СФЭМ эта цифра возрастает – от 19 суток в 2014 г. до 23 суток в 2018 г., а на КЛЭС – уменьшается (от 21 дня в 2014 г. до 19 дней в 2018 г.). Анализ данных измерений показывает, что наибольший рост температур за 2014–2018 гг. на Карадаге характерен для июня и августа:

- в июне по данным СФЭМ (КЛЭС): от 2 (2) суток в 2014 г. до 9 (12) суток в 2018 г.;
- в августе по данным СФЭМ (КЛЭС): от 19 (17) суток в 2014 г. до 25 (30) суток в 2018 г.

Несмотря на существенный рост числа суток с повышенными температурами за последние пять лет, значения их среднегодовых температур изменяются мало (табл. 1). Возможно, на это влияет межгодовая и внутригодовая динамика температур других времен года, прежде всего, зимнего сезона. Однако, их изучение выходит за рамки данной работы и является целью исследования следующей публикации.

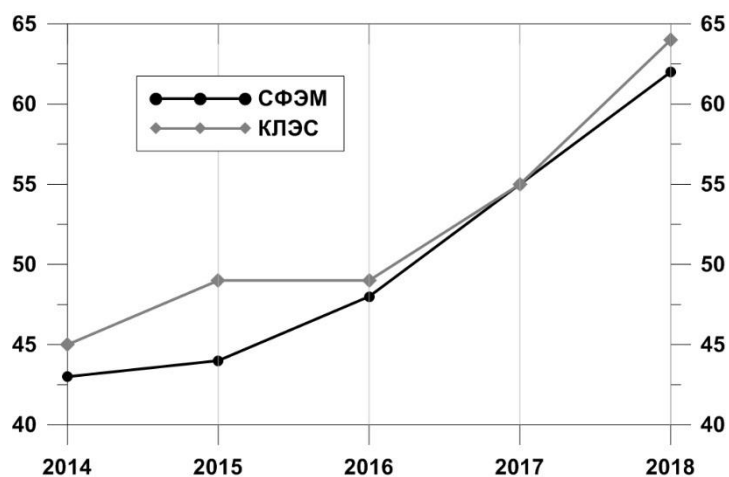


Рис. 4. Количество суток в году, среднесуточная температура которых выше  $23,8^{\circ}\text{C}$

Повышение числа «теплых» дней влияет на величину суммы активных температур (сумма среднесуточных температур всех суток в году с температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$ ). Этот показатель используется для разграничения климатических и физико-географических поясов. По состоянию на 2011 г. (Карадаг заповедный..., 2011), данная сумма составляла величину  $3725^{\circ}\text{C}$ , что меньше нижнего порогового значения ( $4000^{\circ}\text{C}$ ) для субтропического климата. Для всех последних пяти лет, сумма активных температур на Карадаге была выше  $4000^{\circ}\text{C}$ , с наибольшим значением в 2018 г.: на северо-востоке заповедника (СФЭМ) –  $4411^{\circ}\text{C}$ , на юго-западе (КЛЭС) –  $4349^{\circ}\text{C}$ . Конечно, для отнесения некоторой территории к субтропическому климату значения одного показателя не достаточно. Так, например, среднемесячная температура самого холодного месяца должна быть выше  $4^{\circ}\text{C}$ . На Карадаге таким месяцем является февраль, его среднееголетняя среднемесячная температура составляет  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Несмотря на то, что отнести территорию заповедника, на данный момент, к субтропическому климату нельзя, существенный рост значения суммы активных температур вызывает серьезные опасения.

### Выводы

Таким образом, на метеорологических станциях, расположенных на территории Карадагского заповедника (т.е. в фоновых условиях), также фиксируются общемировые тенденции роста приземной температуры. Среднемесячные и среднегодовые температуры на СФЭМ и КЛЭС отличаются мало, однако, суточный ход приземной температуры для каждой из станций имеет характерные особенности. Решающими факторами в их формированию выступают, по-видимому, особенности рельефа месторасположения станций и особенности поступления солнечной радиации. Влиять на формирование термического режима на рассматриваемых участках территории также могут ветровой режим и особенности циркуляции, высотный фактор, по всей видимости, не дает существенного вклада в наблюдаемые отличия. Среднегодовая температура воздуха за 2014–2018 гг. ( $13,0^{\circ}\text{C}$ ) возросла по сравнению с периодом 2001–2010 гг. ( $12,3^{\circ}\text{C}$ ) на  $0,7^{\circ}\text{C}$ , наблюдается рост максимальных температур, а также числа «теплых» дней.

Наиболее ярко за последние 5 лет тенденции роста температуры проявляются в августе, для которого характерны не только максимальные за год срочные значения температуры воздуха, но и наибольший рост числа суток, среднесуточная температура которых выше порогового значения ( $23,8^{\circ}\text{C}$ ). Так, в августе 2018 г. такими были практически все дни: по данным СФЭМ – 25 суток, по данным КЛЭС – 30 суток.

Вызывает опасение и рост температур в июне, так за 2014–2018 гг. количество суток с температурой выше 23,8°C возросло в 5–6 раз. Именно в эти месяцы предлагается проведение усиленного контроля за состоянием заповедной флоры и фауны, которые могут испытывать негативные последствия столь резких изменений климата, а также проведение мероприятий по сглаживанию их влияния на животный и растительный мир заповедника.

Увеличение за 2014–2018 гг. числа дней с повышенными значениями среднесуточных температур привело к тому, что сумма активных температур за все последние пять лет была выше нижнего порога субтропического климата (по состоянию на 2011 г. – этот показатель был ниже для всех лет). Представляется актуальным дальнейший анализ межгодовой изменчивости иных параметров отнесения к тому или иному типу климата для территории Карадагского заповедника, например, гидротермического коэффициента, температуры самого холодного месяца и др.

### Список литературы

1. Данова Т.Е., Никифорова М.П. Особенности современных изменений среднемесячных температур на территории Крымского полуострова // Международная научная конференция «Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии». Материалы международной научной конференции и молодежной научной конференции. – Ростов-на-Дону: Южный научный центр РАН, 2016. – С. 75–78.
2. Данова Т.Е., Никифорова М.П. Отклик рекреационных ресурсов Крымского полуострова на современные климатические изменения // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2016. – Т. 26. №2. – С. 142–151.
3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. – М.: Росгидромет, 2019. – 79 с.
4. Данова Т.Е., Никифорова М.П. Современная динамика комплексных биоклиматических показателей в курортный сезон на Крымском полуострове // Экология человека. – 2018. – №1. – С. 8–14.
5. Жук В.О., Ергина Е.И. Активизация стихийных природных процессов на особо охраняемых природных территориях Крыма в связи с усилением интенсивности опасных гидрометеорологических явлений в современных условиях изменения климата // Научные исследования на заповедных территориях. – Симферополь: Ариал, 2017. – 65 с.
6. Жук В.О., Ергина Е.И. Анализ современной метеорологической ситуации в предгорном Крыму // Ученые записки КФУ им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4 (70). – №2. – С. 227–241.
7. Карадаг заповедный: научно-популярные очерки / под ред. А.Л. Морозовой. – Симферополь: Н. Ореанда, 2011. – 288 с.
8. Липка О.Н. Оценка уязвимости ООПТ к изменениям климата – перспективная задача для заповедной науки // Известия АО РГО. – 2017. – №2 (45). – С. 101111.
9. Никифорова М.П. Волны тепла как фактор туристской деятельности на территории Крымского полуострова // Всероссийская конференция «Проблемы и перспективы развития туризма в Южном федеральном округе». Сборник научных трудов. – Севастополь: Ариал, 2017. – С. 194–196.
10. Никифорова М.П. Особенности температурных волн тепла на Крымском полуострове в 21 в. // Всероссийская конференция «Двенадцатое сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу». Тезисы докладов российской конференции под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Офсет цент, 2017. – С. 70–71.

11. Никифорова М.П. Рекреационные комплексы Крыма как основа устойчивого развития полуострова // Ученые записки КФУ им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2017. – Т. 3(69). – №3-1. – С. 64-74.
12. Парубец О.В. Анализ климатических рядов Крымского полуострова // Экосистемы. – 2009. – №1 (20). – С. 154–164.
13. Пресс-служба Гидрометцентра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteoinfo.ru> (дата обращения: 01.08.2019).
14. Природа Карадага / под. ред. А.Л. Морозовой, А.А. Вронского. – Киев: Наукова думка, 1989. – 287 с.
15. Сергиенко В.Г., Константинов А.В. Прогноз влияния изменений климата на разнообразие природных экосистем и видов флористических и фаунистических комплексов биоты России // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2016. – № 2. – С. 29–44.
16. Тишков А.А. Биогеографические последствия природных и антропогенных изменений климата // Успехи современной биологии. – 2011. – Т. 131. – №4. – С. 356–366.

#### DYNAMICS OF HIGHEST AIR TEMPERATURES ON THE TERRITORY OF THE KARADAG RESERVE

Nikiforova M.P.<sup>1</sup>, Lapchenko V.A.<sup>2</sup>, Zuev A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation,

e-mail: [nikiforovamp@yandex.ru](mailto:nikiforovamp@yandex.ru)

<sup>2</sup>T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Kurortnoe, Feodosiya, Russian Federation, e-mail:

[ozon.karadag@gmail.com](mailto:ozon.karadag@gmail.com)

The analysis of surface temperature variability on the territory of “T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS” in 2014–2018 is analyzed. Special attention is paid to identifying the characteristics of interannual dynamics of highest temperatures. As the initial data the measurements carried out at two points of the Karadag reserve were used. The stations are: Background Environmental Monitoring Station (BEMS, Svyataya mount, 180 m above sea level) and Karadag Landscape-Ecological Station (KLES, Besh-Tash ridge, 140 m above sea level). It is shown, that the difference between the point measurements of the surface temperature of the two stations can reach big values (up to 10°C). But the daily mean values differ not that much, and the annual mean temperatures in 2014–2018 differ on 0–0.2°C. This is explained, on our opinion, by the peculiarities of the daily variation of air temperature in Karadag: in the absence of sun in the north-eastern part of the reserve (where BEMS is located) temperatures are higher compared to the south-western part (KLES), and vice versa in the daytime. Over the past five years the tendency to register the increasing values of highest temperature in the year, a significant increase in the number of hot days (temperatures above a threshold value), and also the increasing of the active temperatures sum are shown.

**Keywords:** Karadag reserve, surface temperature, variability, daily and seasonal variation, interannual dynamics, highest temperature.

*Поступила в редакцию 28.08.2019 г.*

УДК 911.52:502.1(597.7)

## TRANSFORMATION AND ECOLOGICAL SUCCESSION OF NATURAL – ANTHROPOGENIC LANDSCAPES IN KONKAKINH – KONCHURANG CONSERVATION TERRITORY, VIETNAM

Nguyen Dang Hoi<sup>1</sup>, Ngo Trung Dung<sup>1</sup>, Dang Hung Cuong<sup>1,2</sup>, Kolesnikov S.I.<sup>2</sup>,  
Tishkov A.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Vietnam – Russian Federation Tropical Center, Nguyen Van Huyen Str., Ha Noi, Vietnam  
e-mail: [danghoi110@gmail.com](mailto:danghoi110@gmail.com)

<sup>2</sup>Southern Federal University, Russian Federation, Rostov-on-Don, Russian Federation

<sup>3</sup>Institute of Geography RAS, Moscow, Russian Federation

Study about characteristics of diversity, change and ecological succession of landscapes is an important content in determining territorial division, especially in the monsoon tropics such as the Central Highlands of Vietnam, where the strong division of non-zonal rule. Konkakin – Konchurang conservation territory is a special geographic site located in the north eastern part of Gia Lai province, which is noticeable for a profound division of components, natural and human factors. The humid tropical climate of this area is simultaneously influenced by the climate of the Central Highlands and the Central Coast. Both the diversified natural conditions and the strong impact of residents have contributed to the creation of the typical natural-anthropogenic landscape system in this studied area. Natural – anthropogenic landscapes are quite differentiated from one system, one subsystem, three classes, five subclasses, 13 types and 87 kinds. The diversity in the landscape structure is evident in the elevation law through subclasses. Landscape diversity is reflected through not only the number of landscapes, but also the frequency of any certain landscape in the studied territory. During the research period from 2005 to 2017, significant changes in landscape of this studied area, in both quantitative and qualitative manners, were observed. During approximately 13 years, the landscape of this area has greatly changed. In 2005, there was a total of 94 kinds of landscape, with the domination of the group of evergreen broadleaf tropical forest types with shrubs, grasslands, industrial crops and annual crops dominate. The comparison between these two periods shows that there are 43 landscape kinds completely disappeared and 33 new landscape kinds formed. The remaining landscapes have fluctuations in area. In this studied area, the formation of typical landscape succession chains reflects living activities of local human. The evergreen broadleaf forest landscape under mankind impact has resulted in a dramatic change. The succession chains change over different short periods of time, leading to the creation of new landscapes.

**Keywords:** Conservational territory, diversity, landscape changes, human impacts, Konkakin – Konchurang.

### Introduction

In the process of formation and movement, the landscapes undergo different stages of development. They are transformed, creating their succession sequence. Landscape succession characterizes the interaction of components and elements. As a mirror reflecting the landscape, vegetation is seen as the first sign and the most important component to decide the change and succession, especially the forest landscape (Alejandro et al., 1997; Nguyen et al., 2011; Nguyen et al., 2017).

The study of landscape succession is mentioned later than the vegetation succession. In the literature of foreign authors, “*succession*” was first used in the study of vegetation (Pielke, 1999; Nguyen et al., 2013; Nguyen et al., 2018; Nelson et al., 2018; John et al. 1997), then used in ecological research, the motion of ecosystems (Soumana, 2013; Triskov, 2012). Therefore, the current reality when scientists talk about succession, is to talk about ecological succession and landscape transformation, in Russian Federation language, that is: “*Экологическая сукцессия*” and “*Динамика ландшафта*” (Bulatov, 1996; Gusev, 2012; Triskov, 2012). This also means that many scientists acknowledge the process of succession in landscape is the ecological succession, taking place with the sequential development of the central element – the biological element.

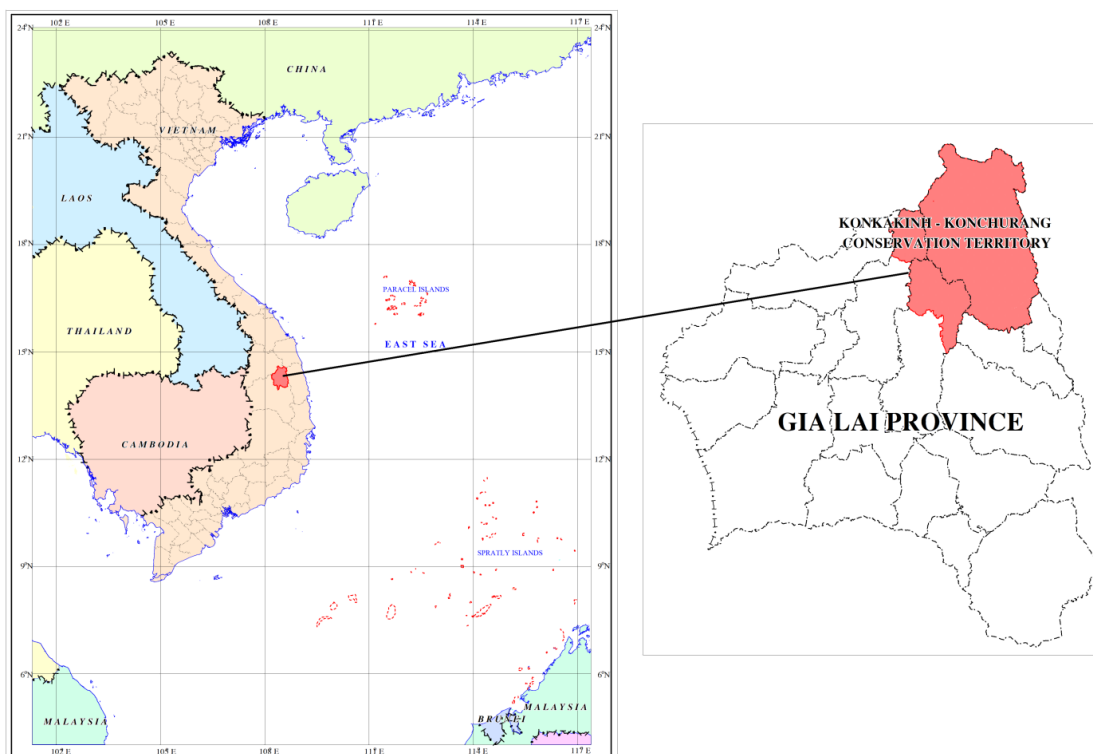
With the thinking the landscape is an individual or type, the ecological succession of landscape, according to us, is a very "standard" concept and a reality is existing in nature whether it is a natural succession or anthropogenic succession. When studying the characteristics of succession of plants of zonal ecosystems, from the pioneering stage to the climax state, Triskov, 2012 recorded vegetation covers 2 to 6 stages.

In the territory of Vietnam, most of landscapes has passed two long periods of succession chains: the primitive ecological succession and the secondary ecological succession (Nguyen et al., 2018). Due to the demand for resource exploitation and territorial use, the human impacts have been strongly increasing in scale and intensity, which made the process of landscape formation and development on specific territories change gradually, even differ from their inherent natural laws (Nguyen et al., 2019). Human impacts often influence the changes and the succession of landscape in general and ecological succession in particular (Pham et al., 1997; Nguyen et al., 2003, Nguyen et al., 2017).

This research examines characteristics of structure and differentiation of the natural – anthropogenic; clarifying diversity in classes of landscape. Especially, analyzing characteristics, causes of change and ecological succession of natural – anthropogenic landscapes in Konkakin (Kon Ka Kinh) – Konchurang (Kon Chư Răng) conservation territory in period of more than half a century.

### **Material and research methods**

**Studied area.** Konkakin – Konchurang conservation territory is in the area of K'Bang district, northern part of Mang Yang district and a small part of Dak Doa district, located in the Central Highland of Vietnam (Fig. 1). It is the starting area of the river system containing four rivers: Ba, Se San, Srepok and Con. In the manner of administrative geography, this territory is divided by the East Truong Son route, nearby the National Highway 19 in the south, adjacent to Highway 24 in the north and the vast forest of Kon Plong, Kontum province, forming a valuable natural ecosystems under preservation in the central of Truong Son forest.



**Fig. 1.** Location of the studied area

The studied area consists of various geological formations and petrographic compositions with 21 different geological complexes. Basaltic and granite bedrocks distribute widely, creating characteristic terrains. Accordingly, the regional topography gradually decreases from North to South and from West to East, creating numerous plateaus. Compared to the sea level, the plateau topography has average height of 900–1000 m, gradually lowers from the North (1300 m) to the South (600 m), slightly protrudes in the middle and gently slopes to the two valley sides of Ba river and Con river. This terrain is typical with the process of surface erosion. Besides, the cubic-sized mountains on the pristine background is strongly divided with slope of 30–35°, forming deep valleys of Dak Phe river and Ba river. Alternatively, the topography of semi-plateaus, plains and valleys distributed in the south of the studied area are characterized by exogenous activities of denudation – accumulation, accumulation – erosion (Duong, 2016; Nguyen et al., 2017).

In the studied area, the typical humid tropical is influenced simultaneously by climate circulation in the Central Highlands and Central Coast, which contains a various combination of terrains, including mountains, highlands, valleys and plains. The average temperature is 21–23°C. Rainy season lasts from May to December with heavy rainfalls of over 2000 mm, while as dry season is short (3–4 months) and drought situation is not as serious as which has been happening in the South and West (K'Bang..., 2012; Vietnam Academy..., 2015). The hydrological system in this area is highly developed, including the mainstream and tributaries of the rivers Ba, Se San, Srepok and Con. The flow with thick density is relatively evenly distributed, averaging 0.34 km/km<sup>2</sup>. Because of well-preserved vegetation, the plant density in the north is often higher than in the south.

According to the soil classification of FAO/UNESCO, there are six main soil groups with 14 soil types in this area (Nguyen et al., 2017), highlighted by Rhodic Ferralsols on basalt in the eastern region and Ferralic Acrisols formed by different rocks under weather change in the western region of the studied territory. In this area, several types of highland tropical vegetation are formed. They are evergreen broadleaf forest and mixed forest (broadleaf and coniferous) concentrated in low and medium mountains of Konkakinh National Park, Konchurang Nature Reserve and surrounding areas (Thai, 1999; Nguyen et al. 2017). The vegetation processes a primitive structure with many layers of canopy and thick cover. The anthropogenic vegetation is mainly plantation forest, exploited for planting agricultural and industrial crops such as coffee, rubber, pepper, sugarcane, rice and many other crops.

The studied area is inhabited by 6629 households with 30942 inhabitants and average density of 21 people/km<sup>2</sup>. According to the Report of the master plan on socio-economic development for K'Bang district (2013), commune A Yun has the highest population density of 85 people/km<sup>2</sup>, while commune Kon Phe has the lowest population density of 8 people/km<sup>2</sup>. The population is predominantly ethnic (80%), mostly Ba Na. Besides, there are other ethnic minorities and migrant people such as Tay, Nung, Hmong, Dao... Kinh people live in Mang Yang district and the center of K'Bang district, distributed along the main road connecting communes.

Economic activities are mainly agricultural production, including cultivation and livestock. The southern region has a developed livestock industry. Shifting cultivation is the common habit and a food source for indigenous people. According to the survey results, up to 50% of households interviewed produce agricultural products on forest land with extensive culture. Most ethnic households in the buffer zone of the national park and reserved nature are lack of food for several months in a year. People often collect forest products for eating, borrow or sell unripe agricultural products for living and hold expectation for government aid.

**Data collection.** Based on topographic map and preliminary landscape map, we selected plots and routes to investigate. Survey results by plots and routes in different types of terrain were recorded to describe natural characteristics, human activities and their spatial differentiation. The boundaries of landscape units were checked, especially the boundaries of



different types and kinds of landscapes. Residents and local officials in studied area were interviewed. Databases were collected about the variation of vegetations cover in the changed, destroyed landscapes by human activities over the past 50 years.

**Editing and establishing maps.** To perform the research, we have edited component maps and developed natural – anthropogenic landscape maps of the study area in 2 periods (2005 and 2017). The MapInfo Pro 15, ArcGIS 10.2, ENVI 5.3 and satellite images SPOT 5 were used to build maps. Component maps were edited and built from the original map at the scale of 1:100 000. Map of natural – anthropogenic landscape in KonkakinH – Konchurang conservation territory was established at the scale of 1:50 000 based on overlapping and analyzing the combination of component maps and field survey results. Selected 6-range taxonomic systems contain: System → Subsystem → Class → Subclass → Type → Kind (Table 1).

**Table 1.**

**Taxonomic ranges and classification criteria for the landscape in KonkakinH – Konchurang conservation territory**

	<b>Taxonomic range</b>	<b>Classification criteria</b>
1	System of landscape	The decisive role of the atmospheric circulation regime in the process of climate formation in the belt
2	Subsystem of landscape	The decisive role of atmospheric circulation regime and the regulation of ecological regions of flora
3	Class of landscape	Relief configuration, which determines the homogeneity of two large processes, namely erosion and accumulation, in the real cycle
4	Subclass of landscape	The peculiarity of large relief forms manifests the property of non-border based on the combination of relief and typical geomorphological processes
5	Type of landscape	Bio-climate and anthropogenic activities determine the formation of vegetation
6	Kind of landscape	The natural – anthropogenic differentiation of vegetation on different soil types

Due to the homogeneity of the system and subsystem in taxonomic range, the legend of natural – anthropogenic landscape map does not represent these two ranges (Table 2).

For mapping the landscape, first, we edited the component maps in a uniform ratio of 1:50000. For vegetation maps, combined topographic maps and interpreting SPOT satellite images to produce a preliminary map according to the remote sensing image processing. From this map, a field survey was conducted in April 2017 to adjust the boundaries of the contours, to supplement and clarify the structure of vegetation. For the 2005 vegetation map, data lookups were conducted by interviewing residents who had lived and worked before 2005 and local officials in Son Lang (Kon Von 1, Kon Von 2, Kon Trang) and Dak Roong commune.

Used the method of overlaying map layers with program Arcgis 10 (License ESU006984479, ArcGIS Desktop Basic); execute the **Intersect command**. For example: overlaying a vegetation map with 2 patches (Industrial crops and Annual crops) and a soil layer with 1 red-yellow soil patch. The results showed two new patches attributes: 1. Industrial crops in red-yellow soil, 2. Annual crops in red-yellow soil (Fig. 2a).

The landscape map (result map) of the study area is made by overlaying the component map layers (Fig. 2b). Accordingly, for every patch includes all attributes of the component map layers (also landscape properties).

**Data analysis and evaluation.** A comprehensive landscape assessment was used to determine the status of landscape components, including the identification of plants within forested areas, agricultural areas and grass and shrub landscapes. This method was also used to evaluate ecological succession within the landscape by comparing the comprehensive assessment with data from field surveys. The comprehensive assessment of collected data was conducted with reference to remote sensing data; established origins and development trajectories of forest plant, grass and shrubs communities; and biological and ecological

characteristics of crops in tropical monsoon conditions of Vietnam. On the basis of survey data and satellite images in some periods, identify typical landscapes to describe the secondary ecological succession over the past half century.

**Table 2.**  
**Legend of natural – anthropogenic landscape map in the Konkakinh – Konchurang conservation territory**

LANDSCAPES CLASS	LANDSCAPES SUBCLASS	LANDSCAPES TYPE	Tropical monsoon highland climate, humid, average temperature of 22°C Total annual rainfall fluctuates: 1500–2800 mm, slightly lacking in moisture The rain season lasts 8–9 months, the dry season is 3–4 months							
		LANDSCAPES KIND	Natural vegetation			Anthropogenic vegetation				Reservoir
			Evergreen board-leaf tropical forest	Wood and bamboo mixed forest	Grass-and and shrubs	Plantation forest	Industrial crops	Annual crops	Plant in residential areas	
Basalt plateau	High plateau with erosion process	Rhodic Ferralsols	1	2				3	4	
		Xanthich Ferrasols	5	6				7		
		Haplic Lixisols	8					9		
		Ferralic Acrisols	10	11	12	13	14	15		
		Lithic Luvisols	16					17		
		Gleyic Luvisols	18					19		
		Lithic Leptosols						20		
		Haplic Lixisols						21		
	Reservoir								22	
Mountain	Medium mountains with erosion processes dominate	Gleyic Acrisols	23							
		Ferralic Acrisols	24	25	26	27		28		
		Rhodic Ferralsols	29	30				31		
		Lithic Leptosols	32					33		
		Lithic Luvisols	34							
		Gleyic Luvisols	35					36		
	Low mountains, landslide with erosion and accumulation processes dominate	Xanthich Ferrasols	37	38						
		Gleyic Acrisols	39			40				
		Ferralic Acrisols	41		42	43		44	45	
		Rhodic Ferralsols	46				47	48		
		Lithic Luvisols	49					50		
	Plinthich Acrisols						51			
	Gleyic Luvisols						52			
	Haplic Lixisols						53			
	Haplic Acrisols			54						
	Reservoir								55	

Contain table 2.

Plain and valley between the mountain	Valley erosion and accumulation	Rhodic Ferralsols						56		
		Xanthich Ferrasols	57					58		
		Gleyic Acrisols	59	60				61		
		Ferralic Acrisols	62					63	64	
		Lithic Luvisols	65		66			67		
		Haplic Lixisols	68					69		
		Umbric Fluvisols						70	71	
		Lithic Leptosols						72		
		Plinthic Acrisols						73		
		Reservior								74
	Terraces and plains accumulation with the aluvi-deluvi process	Haplic Lixisols						75	76	
		Gleyic Acrisols						77	78	
		Ferralic Acrisols	79		80	81		82	83	
		Haplic Acrisols				84		85		
		Eutric Fluvisols						86		
		Xanthich Ferrasols						87		

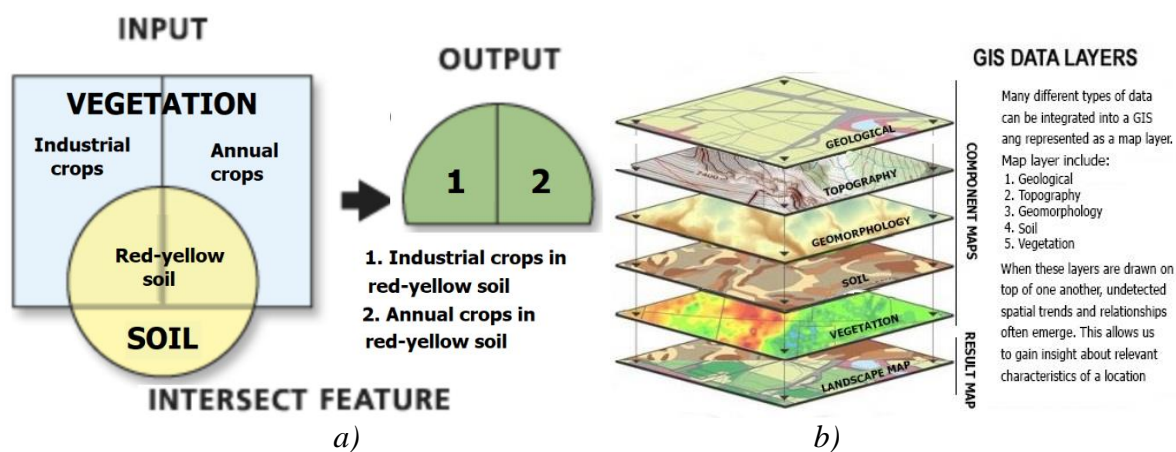
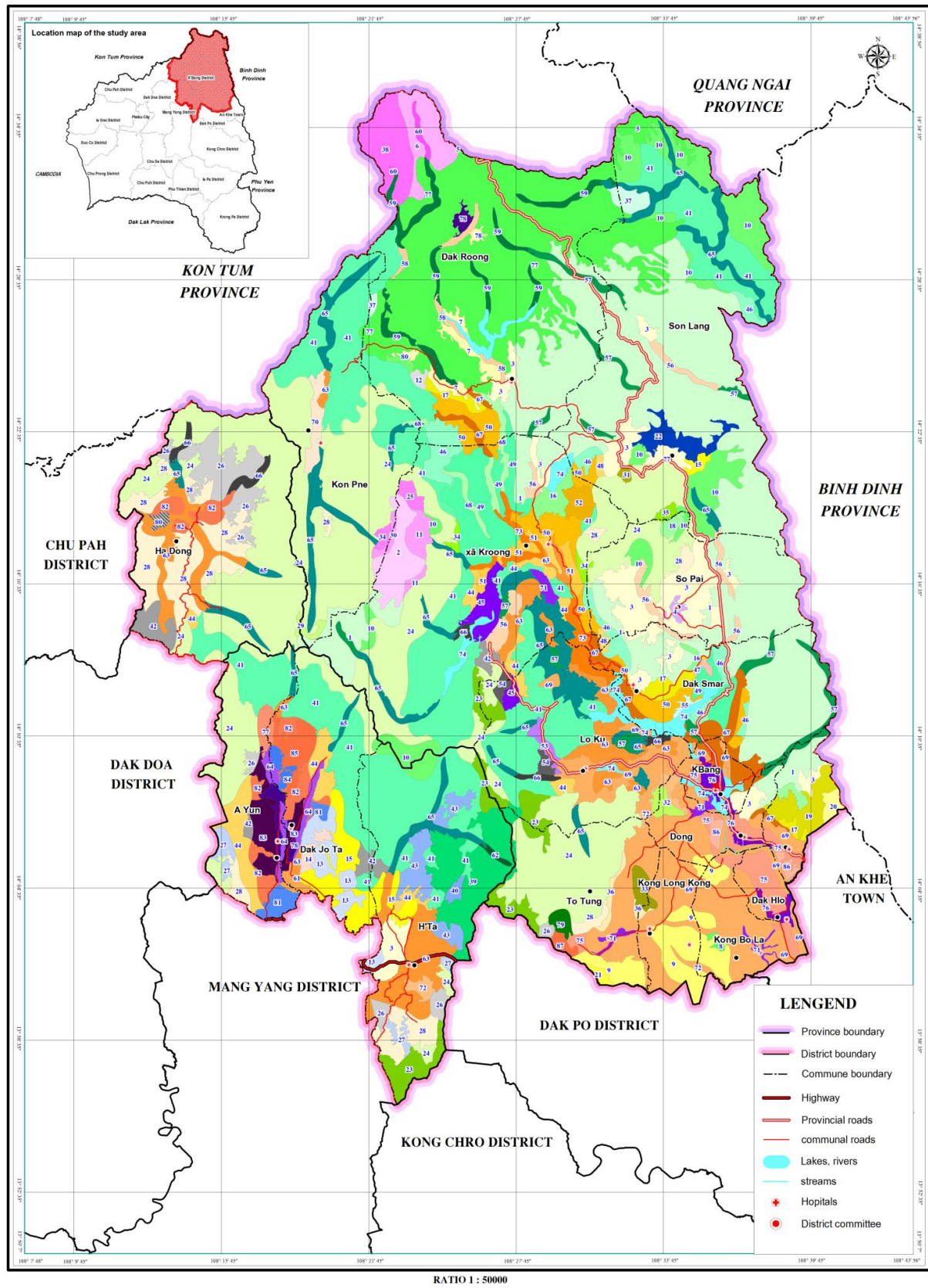


Fig. 2. Method of intersect feature map layers

## Results

**Structural characteristics of natural – anthropogenic landscapes.** Research results show that, the studied area consists of 1 system, 1 subsystem, 3 classes, 5 subclasses, 13 types and 87 kinds of landscape (Fig. 3 and Table 2).

**System and subsystem of landscape:** The researched territory belongs to the tropical monsoon landscape system. The influence of southwest monsoon and Southeastern highland monsoon resulted in a subsystem of tropical monsoon landscape.



**Fig. 3.** Map of the natural – anthropogenic landscape in the Konkakin – Konchurang conservation territory

*Class and subclass of landscape:* Konkakin – Konchurang conservation territory is divided into 3 classes: plateaus, mountains (medium and low), and the class of plains and

valleys. In particular, the class of mountain is classified into 2 subclasses: medium mountain with elevation over 1000 m and low mountain with elevation from 600 to 1000 m. The class of plains and valleys includes plain subclass and valley subclass.

*Type of landscape:* Accordingly, the study territory has 13 types of landscape belonging to 3 groups: group of broadleaf evergreen tropical forests and natural – anthropogenic shrubs, grasslands; group of anthropogenic vegetation (annual crops and plants in residential areas); and group of aquatic landscape.

- Group of broadleaf evergreen tropical forests and natural – anthropogenic shrubs, grasslands: these types of landscape were influenced by human activities at different levels. They basically retained the properties and development under natural rule. In some places, they were disturbed by the strong and frequent human impacts (shown in the types of shrubs and grasslands).

- Group of anthropogenic vegetation are landscapes that have a component or coating surface built by humans. They have at least one component created by humans and tend to grow in the direction of human impact. In the group, there are 4 types of landscape: plantation forest, industrial crops, agricultural crops and plants in residential areas.

*Diversity in class of mountain:*

- Group of aquatic landscape: include the lakes which are mainly built by humans on regular flows such as irrigation lakes, hydroelectric reservoirs or multi-purpose lakes.

***Diversity in classes of landscape.*** *Diversity in class of plateaus:* The class of the plateaus only has 1 subclass which is basalt plateaus, differentiated into 3 types with 22 different kinds. In particular, the type of evergreen broadleaf tropical forests and shrubs, grasslands has 10 kinds.

The type of anthropogenic vegetation on basalt plateaus is observed with 11 kinds. The most dominant and diverse one is the annual crops with 8 kinds, covering 90% of the total natural area. The type of aquatic landscape is not differentiated. There is only one kind (number 22), with an area of 9.22 km<sup>2</sup> and appearance frequency of one time. This is a valuable kind and very important in the basalt plateaus. It is the water supply and conditioner for the area, especially for annual crops and plants in residential areas.

- Subclass of medium mountain: differentiated into 2 types, with 14 kinds of landscape. The type of tropical forests and shrubs, grasslands has 9 kinds. This subclass also possesses the highest frequency of appearance, with 15 times. Several other kinds have a frequency of only 1 time (number 25, 29, 30... on the map). These kinds are distributed in the western part of the study area, belonging to 5 communes, including Kon Phe, Ha Dong, Kroong, A Yun and To Tun. The type of anthropogenic vegetation on medium mountain has lower diversity, including 5 different kinds, scattered throughout the study area.

- Subclass of low mountain: divided into 3 types with 19 kinds, widely distributed across the region. The kind of evergreen broadleaf tropical forests and shrubs, grasslands is quite diverse with 8 kinds. The type of anthropogenic vegetation on low mountain has a high diversity, divided into 11 kinds. These kinds are scattered throughout the studied area. In the subclass of low mountain, there is a type of aquatic landscape, consisting of only one kind (number 55).

*Diversity in class of plains and valley:*

- Subclass of valley erosion and accumulation: divided into 3 types with 19 kinds. This subclass has a high differentiation and diversity in the study area. The total area of 19 kinds is 443 km<sup>2</sup>. The type of evergreen broadleaf tropical forests and shrubs, grasslands in this subclass own 7 different kinds. The type of evergreen broadleaf forests on Lithic Luvisols (number 65) has the frequency of 22 times, distributed but not concentrated in the vicinity of the Konkakin mountain and the Konchurang Nature Reserve. The type of anthropogenic vegetation on the terrain of valley erosion and valley accumulation has a high diversity of kinds, including 11 kinds. Some kinds appear more frequently like the kind number 63 with 14 times. The aquatic

landscape type has 1 kind, but with high appearance frequency (9 times). This type plays an important role in economic development of research territory, especially agricultural sector.

- Subclass of accumulated – eroded terraces and plains: differentiated into 2 types with 13 kinds. This subclass has the lowest diversity of kinds in the researched territory. The type of evergreen broadleaf tropical forests and shrubs, grasslands in this subclass only consists of 2 kinds. The type of anthropogenic vegetation on accumulated – eroded terraces and plains is divided into 11 kinds, belonging to 3 groups: plantation forests, plants in residential areas and annual crops.

***The transformation and succession of natural – anthropogenic landscapes.***  
*Anthropogenic transformation – basic properties of landscape succession in Konkakinh - Konchurang conservation territory*

We have developed the natural – anthropogenic landscape map of 2005 (Fig. 4 and Table 3) to compare the landscape changes in Konkakinh – Konchurang conservation territory.

The landscape of this area has been strongly changed both in quality and quantity. The succession process from one type to another is quite common. Landscape maps in two periods (2005 and 2017) show that there were 94 kinds in 2005, while as only 87 kinds still existed in 2017. Some landscapes have been changed in area, some completely lost and replaced by new kinds. During these two periods, there were 43 kinds completely disappeared, 33 kinds newly formed and 51 kinds still retained with typical properties but changed in size.

It is easy to see that the type of shrubs, grasslands and perennial crops had been strongly changed. In the type of shrubs, grasslands, there were 24 kinds in 2005, out of which only 6 kinds still retained their properties but changed in area in 2017. The remaining 18 kinds had completely transformed into other kinds. For the type of perennial crops, among 13 kinds observed in 2005, only 2 kinds (14 and 47) retained the properties in 2017. The remaining 11 kinds were converted to other kinds. In addition, the type of plants in residential areas also changed quite robustly (from 9 kinds in 2005 to 7 kinds in 2017), among which only 3 kinds still retained their original attributes, 6 kinds disappeared, and 4 kinds were newly formed.

The remaining types have experienced a fluctuated but not significantly obvious modification. From 22 kinds in 2005, the type of evergreen broadleaf tropical forests lost 3 kinds and integrated 4 new kinds in 2017 (23 kinds). The type of plantation forest also lost one kind, formed 4 new kinds in 2017. The total number of kinds in this type is 6. The type of wood and bamboo mixed forests has been also changed with one kind lost and 6 kinds newly formed.

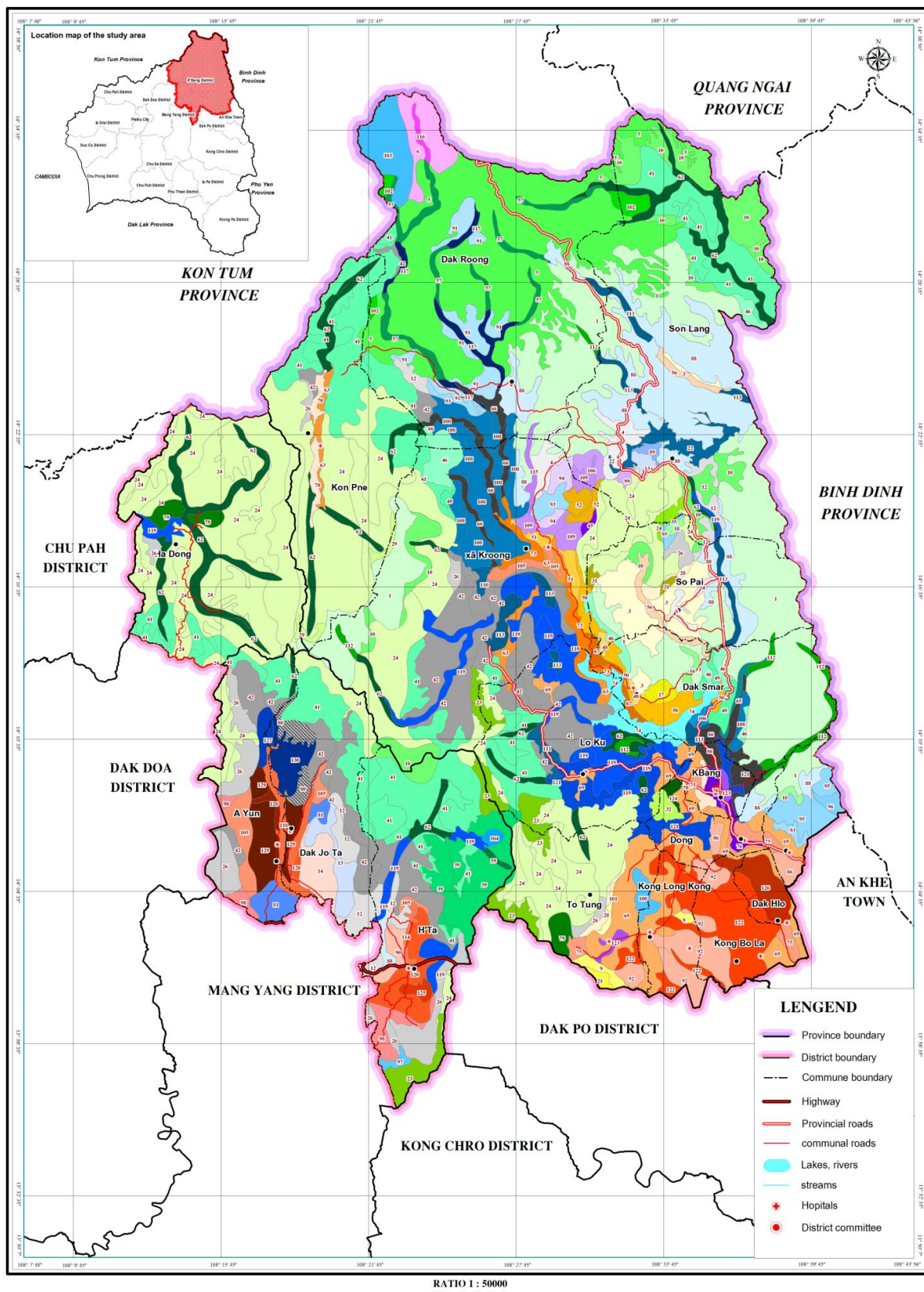
The variation of landscape in Konkakinh – Konchurang conservation territory is not only shown in the number of landscapes lost and newly formed, but also by statistics on area of kinds in 2 periods (Table 4). The results from Table 4 show that all kinds of landscape have been changed in area size. Landscape number 42 represented the largest change, with 112.53 km<sup>2</sup> reduced, from 125.33 km<sup>2</sup> in 2005 to 12.80 km<sup>2</sup> in 2017. The landscape number 1 also experienced a dramatic change, with an increase from 73.44 km<sup>2</sup> in 2005 to 342.01 km<sup>2</sup> in 2017. A number of other kinds also had quite large changes in area, including landscapes 3, 24, 41, 49, 50, 62, 63, 65, 69 ranged from 30 km<sup>2</sup> to 60 km<sup>2</sup>.

However, there were also several kinds that changed slightly in area, kept the original status. Typically, landscape number 6 only changed 0.0004 km<sup>2</sup>, landscape number 21 changed 0.0005 km<sup>2</sup>. Other kinds of landscape such as number 23, 32, 48, 52 had slight changes in area, ranged from 0.24 km<sup>2</sup> to 0.65 km<sup>2</sup>.

Human impacts have been strongly influencing and transforming landscapes in both positive and negative directions. In the positive direction, grasslands and shrubs have been gradually replaced by industrial and annual crops or plantation forests. These changes increase the surface area, by which it helps to reduce the risk of natural disasters and especially increase the economic value of the landscape. The fact that several kinds in the type of evergreen broadleaf tropical forests also enlarged in term of area proves that policies on forest protection and economic stability for residents have brought positive effects. However, there are still

*TRANSFORMATION AND ECOLOGICAL SUCCESSION OF NATURAL ANTHROPOGENIC LANDSCAPES IN KONKAKINH – KONCHURANG CONSERVATION TERRITORY, VIETNAM*

impacts such as deforestation for timber or burning for shifting cultivation, which also causes different negative trends, proved by the decline of natural forest area in the territory.



**Fig. 4.** Map of the natural – anthropogenic landscape in the Konkakin – Konchurang conservation territory (2005)

**Table 3.**

**Legend of natural – anthropogenic landscape map in the Konkakinh –  
Konchurang conservation territory (2005)**

LANDSCAPES CLASS	LANDSCAPES SUBCLASS	LANDSCAPES TYPE	Tropical monsoon highland climate, humid, average temperature of 22°C Total annual rainfall fluctuates: 1500–2800 mm, slightly lacking in moisture The rain season lasts 8–9 months, the dry season is 3–4 months							
		LANDSCAPES KIND	Natural vegetation			Anthropogenic vegetation				Reservoir
			Ever-green board-leaf tropical forest	Wood and bamboo mixed forest	Grass-land and shrubs	Planta-tion forest	Industrial crops	Annual Crops	Plant in residential areas	
Basalt plateau	High plateau with erosion process	Rhodic Ferralsols	1		88	89	90	3	4	
		Xanthich Ferrasols	5	6	91					
		Haplic Lixisols					92	9		
		Ferralic Acrisols	10		12	13	14			
		Lithic Luvisols	16		93			17	94	
		Gleyic Luvisols	18		95					
		Lithic Leptosols			96					
		Haplic Lixisols						21		
	Reservoir								22	
Mountain	Medium mountains with erosion processes dominate	Gleyic Acrisols	23		97					
		Ferralic Acrisols	24		26		98	28		
		Rhodic Ferralsols	29					31	99	
		Lithic Leptosols	32		100					
		Lithic Luvisols						101		
		Gleyic Luvisols	35							
	Low mountain, landslide with erosion and accumulation processes dominate	Xanthich Ferrasols	102		103					
		Gleyic Acrisols	39		104					
		Ferralic Acrisols	41		42		105		45	
		Rhodic Ferralsols	46		106			48	107	
		Lithic Luvisols	49		108			50	109	
		Plinthich Acrisols			110			51		
		Gleyic Luvisols						52		
		Haplic Lixisols			111					
Plain and valley between the mountain	Valley erosion and accumulation	Rhodic Ferralsols	112		113		114	56	115	
		Xanthich Ferrasols	57	116	117					
		Gleyic Acrisols	59				118			
		Ferralic Acrisols	62		119		120	63		
		Lithic Luvisols	65		66			67		
		Haplic Lixisols			121		122	69	123	
		Umbric Fluvisols						70		



Contain table 3.

Terraces and plains accumu-late-invasion with the aluvide-luvi process	Lithic Leptosols	124				125			
	Plinthich Acrisols						73		
	Reservior								74
	Haplic Lixisols					126	75	76	
	Gleyic Acrisols			127		128			
	Ferralic Acrisols	79		80	81	129			
	Haplic Acrisols			130					
	Eutric Fluvisols						86		

Table 4.

Statistics on area of landscape kinds in 2 studied periods (2005 and 2017)

Kinds of landscape in 2017	Area (km <sup>2</sup> )	Kinds of landscape in 2005	Area (km <sup>2</sup> )	Changes	Kinds of landscape in 2017	Area (km <sup>2</sup> )	Kinds of landscape in 2005	Area (km <sup>2</sup> )	Changes
1	342.01	1	268.57	73.44	66	7.17	66	25.76	-18.59
2	14.69				67	22.42	67	3.70	18.71
3	64.97	3	29.80	35.17	68	8.80			
4	1.65	4	16.48	-14.82	69	121.84	69	64.23	57.60
5	191.65	5	182.03	-9.62	70	5.75	70	7.29	-1.55
6	14.39	6	14.39	-0.0004	71	6.00			
7	7.58				72	7.23			
8	0.92				73	13.52	73	9.50	4.02
9	32.15	9	3.68	28.47	74	25.72	74	14.62	11.1
10	62.21	10	60.61	1.6	75	21.88	75	9.89	11.98
11	5.79				76	8.41	76	4.92	3.48
12	1.31	12	23.96	-22.64	77	6.80			
13	13.44	13	11.44	1.99	78	6.61			
14	2.76	14	10.96	-8.19	79	2.52	79	9.83	-7.30
15	22.45				80	2.14	80	7.64	-5.50
16	6.28	16	1.74	4.54	81	7.51	81	8.89	-1.38
17	8.56	17	3.23	5.33	82	18			
18	3.76	18	2.18	1.58	83	13.08			
19	10.57				84	2.51			
20	2.48				85	8.93			
21	1.52	21	1.52	-0.0005	86	3.18	86	5.46	-2.28
22	9.22	22	9.59	-0.37	87	1.92			
23	28.46	23	27.93	0.53			88	103.64	
24	383.11	24	423.62	-40.51			89	1.54	
25	2.61						90	4.64	
26	28.58	26	41.60	-13.02			91	20.16	
27	5.93						92	26.97	
28	58.19	28	3.89	54.30			93	8.25	
29	1.75	29	3.63	-1.88			94	4.75	
30	1.64						95	12.96	
31	1	31	1.91	-0.91			96	2.02	
32	3.06	32	3.52	-0.46			97	1.62	
33	3.71						98	9.49	
34	3.86						99	1.24	
35	1.38	35	2.4	-1.02			100	4.17	
36	2.85						101	1.58	

Contain table 4.

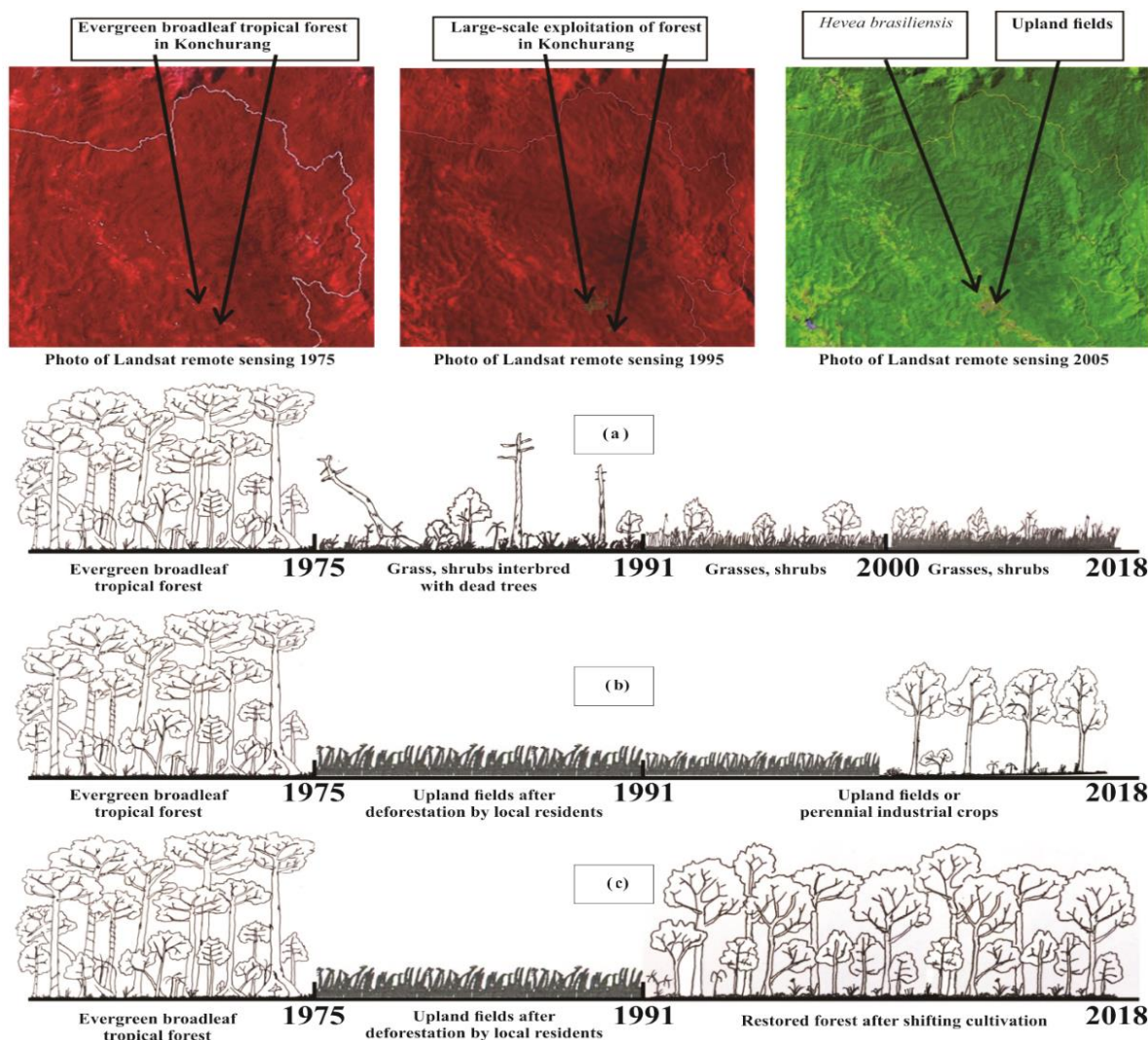
37	4.95					102	5.74	
38	19.13					103	18.07	
39	33.94	39	32.57	1.37		104	1.45	
40	1.48					105	15.48	
41	295.20	41	223.09	72.11		106	1.58	
42	12.80	42	125.33	-112.53		107	3.24	
43	14.24					108	44.65	
44	29.85					109	8.87	
45	9.03	45	0.88	8.15		110	1.63	
46	23.46	46	18.84	461.52		111	3.35	
47	0.84					112	11.06	
48	2.03	48	1.79	0.24		113	19.84	
49	38.08	49	6.74	31.34		114	1.78	
50	32.33	50	13.43	18.9		115	2.43	
51	7.17	51	4.74	2.43		116	1.5	
52	4.56	52	5.21	-0.65		117	9.73	
53	2.91					118	10.42	
54	3.40					119	61.28	
55	0.90					120	15.92	
56	15.80	56	7.59	8.21		121	25.98	
57	22.63	57	18.08	4.55		122	43.86	
58	4.79					123	3.38	
59	18.33	59	0.94	17.39		124	1.49	
60	1.68					125	2.31	
61	2.48					126	12.35	
62	0.98	62	73.91	-72.93		127	3.85	
63	68.52	63	10.86	57.66		128	1.53	
64	6.91					129	17.73	
65	82.41	65	1.81	80.6		130	9.45	

**Characteristics of ecological succession of landscape.** In this studied area, the secondary ecological succession is deforestation from the consequence of shifting cultivation and nomadic habits (Fig. 3). In the past, original landscape in the study area was the evergreen broadleaf tropical forest. In 1975, after local people set the forests on fire for cultivation, the broadleaf vegetation was destroyed, creating conditions to develop and form a landscape of grasslands and shrubs interbred with dead trees. No more vitality was seen inside the burn-to-ashes trees. Therefore, the type of grasslands and shrubs was maintained from 1975 to present day. Landscape number 66 represents this succession (Fig. 5a).

Since 1975, Ba Na ethnic people with shifting cultivation and nomadic habits had formed a type of upland fields after deforestation. By early 1990s, ethnic residents renovated the land and cultivated agricultural crops or industrial crops, which formed the roots for upland fields or perennial crops. Landscape number 47 represents this succession (Fig. 5b).

Local residents, consisting of mainly ethnic minorities with nomadic farming livelihood, have destroyed forests and formed upland fields since 1995. When the soil was exhausted and the productivity was poor, people migrated to new lands. After a while, the natural vegetation was restored and formed the secondary forest landscape called restored forest after shifting cultivation. Landscape number 41 represents this succession (Fig. 5c).

Another ecological succession abundantly occurred in this studied area is the secondary ecological succession caused by the large-scale forest exploitation (Fig. 6). From 1975 to 1995, to develop the economy, the exploitation of timber exploded widely, leading to the consequence of leaving landscapes with tree stumps, shrubs and grasslands. After 1995, due to local policies, these landscapes were gradually replaced by forests of *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. (rubber tree).



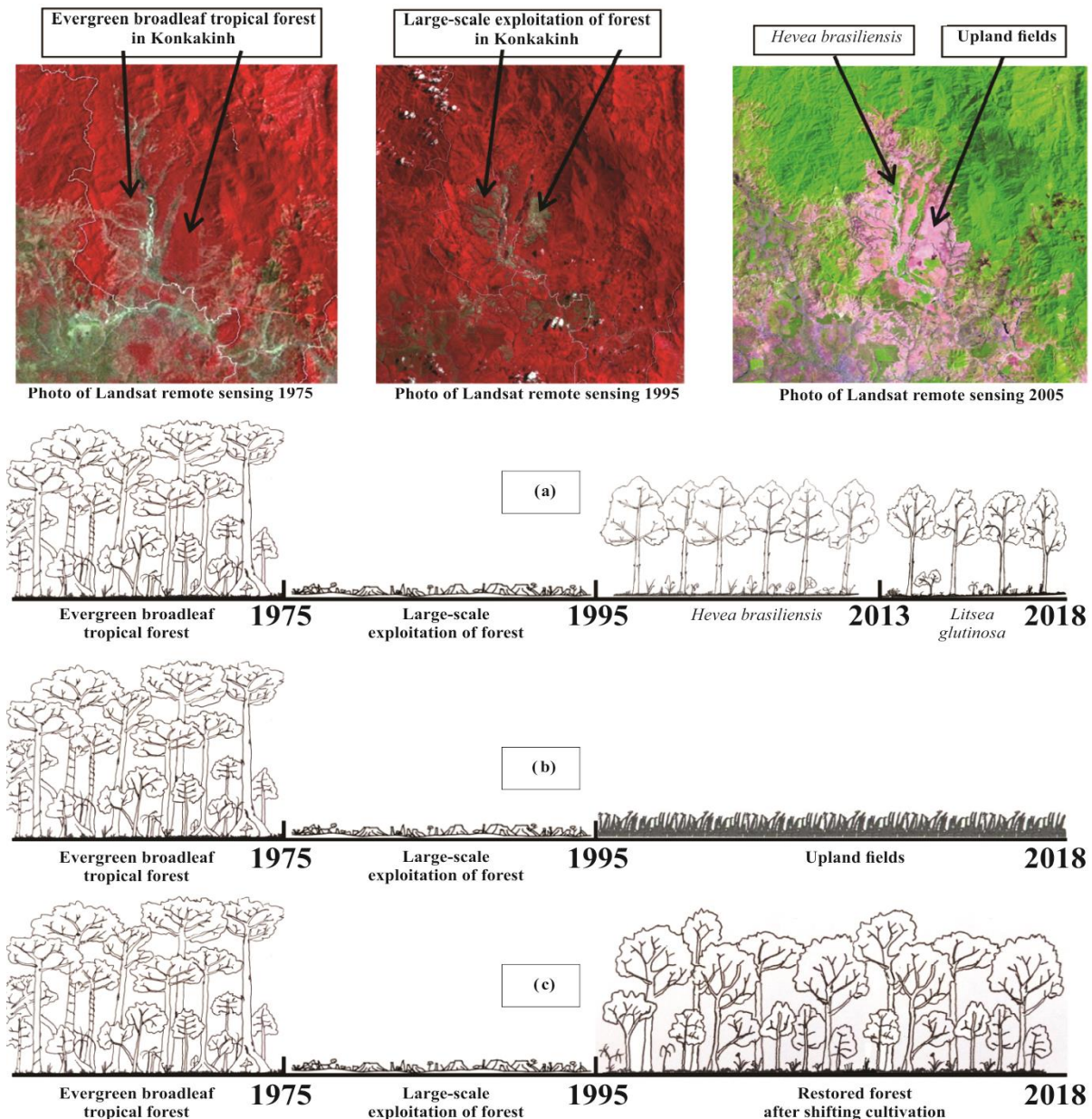
**Fig. 5.** Ecological succession of landscape in Konchurang Natural Reserve (above, landscape images on remote sensing photos for some periods)

By 2013, due to the reduction in rubber latex value, local residents began to replace rubber trees by *Litsea glutinosa* (Lour.) C. B. Rob. for higher economic benefits. Landscape number 14, which was discovered in the Dak Jo Ta commune, is typical for this succession (Fig. 6a).

Similar to the first stage of the “5a” ecological succession, in 1995, the type of evergreen broadleaf tropical forests was replaced by tree stumps, shrubs and grasslands. After that, local people started to use these areas for cultivation, and then formed typical upland fields. The main crops were upland rice, cassava, corn..., which were maintained until now. The kinds of landscape number 77, 82 and 85 in Konkakin National Park are typical examples (Fig. 6b).

After about 20 years, natural forest vegetation in the landscape has been gradually recovered. The vegetation has a simple structure constituted by low trees blended with young trees.

However, the climate parameters of the forest landscape are gradually restored, which is the basis for the evergreen broadleaf tropical forest landscape to be formed after a short time. The landscape number 41 represents this succession (Fig. 6c).



**Fig. 6.** Ecological succession of landscape in Konkakin National Park (above, landscape images on remote sensing photos for some periods).

## Discussion

The differentiation on natural conditions and human activities had contributed to the formation of natural – anthropogenic landscape system in the Konkakin – Konchurang conservation territory, which is quite diversified and plentiful. The landscapes in the study territory have been influenced by human activities at different levels. Although there are still landscapes that keep the development under natural rule, other landscapes change dramatically, depending on direct impacts of human, (especially, the types and kinds of landscapes through the drastic transformation of the plant component – vegetation). Class of mountain landscape has the highest diversity, with 5 types and 33 kinds (in which, subclass of medium mountain: 2 types, 14 kinds and subclass of low mountain: 3 types, 19 kinds). The diversity of landscapes in this studied area is lower than the diversity of mountains class in the area Sathay – Ngochoi, Kontum province, where the latitude is similarities (6 types and 39 kinds) (Nguyen et al., 2018),

and higher than mountains area in Dak Lak province (1 type and 27 kinds) (Phan, 2018), which located in the south of studied territory. The diversity in studied area is due to two reasons: the first, is that the landscape kinds of evergreen broadleaf tropical forest are well preserved in Konkakinh National Park and Konchurang Natural Reserve, the second is the diversity in agricultural landscapes, especially the landscape kinds of annual crops.

In the class of plain and valley between the mountains, the diversity is low, especially the landscape evergreen broadleaf tropical forest (only 6 kinds), but higher than the diversity of plain and valley class in the area Sathay – Ngochoi (Nguyen et al., 2018). However, the landscapes of annual crops have high diversity (15 kinds), while in this class in Sathay – Ngochoi is only 3 kinds. This shows strong human impacts on lowland landscapes, turning forest landscapes into agricultural landscapes and plantation landscapes.

The landscape has been affected by long-term impacts of human activities on different scales and levels, especially the forest development policies and cultivation habits. Human impacts are the main cause of dramatic changes at the type range and especially at the kind range. This is proved in the period from 2005 to 2017, there were 43 kinds completely disappeared, 33 kinds newly formed and many kinds still retained with typical properties but changed in size. These changes are considered more influence than many other areas of Vietnam, higher than the area Sathay – Ngochoi, where were 17 kinds completely disappeared, only 12 kinds newly formed in 11 years (2005–2015) (Nguyen et al., 2018).

The drastic change of the types of shrubs, grasslands and perennial crops is due to the habits of indigenous people (Bana people) often change places of living and cultivation areas, as well as burning forests for cultivation land. In addition, in the last past 15 years, local policies have contributed to transform shrub, grasslands, agricultural crops landscapes to industrial crop landscapes. On the contrary, there are many kinds of landscapes that are expanded in size, increased the number of contours. In which landscapes group of evergreen broadleaf tropical forest due to successful regeneration and restoration policies covered on terrain has a thick soil layer as in landscape class of the basalt plateau.

Secondary ecological succession is particularity of the types and kinds landscape in the studied area. Under the impact of natural and anthropogenic factors, the landscape succession experienced in different stages and trends. This result is also consistent with the studies of Gusev A. P. (2012) when he studied landscapes in the southeast of Belarus and Triskov A.A. (2012) when he studied succession of vegetation of zonal ecosystems in Russia and the author's own (Nguyen et al., 2018) when researched at the triple boundary area Sathay – Ngochoi in Vietnam's territory. Many kinds of landscape in this area experienced a process of development with abundant changes caused by living behaviors and livelihood of local residents. Depending on the location and characteristics of human impacts, the succession of landscape, especially at the range of kind, has taken place in different directions and stages. In the studied area in the last past 50 years, landscapes kinds often experience through 3–4 stages of the succession sequence. This result is consistent with the author's own studies in many different regions of Vietnam such as Giolinh District, Quangtri Province, Sathay-Ngochoi area, Kontum Provinces. (Nguyen et al., 2019). Meanwhile, when study the characteristics of vegetation successions in zonal ecosystems in temperate region, from the pioneering stage to the climax stage, Triskov A.A. (2012) recorded from 2 to 6 stages; or the study results of Marilia Cunha Lignon et al. (2009) on the mangrove forest succession in the Cananéia-iguape coastal system, Brazil has recorded 4 stages of succession from sediment deposition to the formation of mangroves with the dominant of *Avicennia schaueriana* Stapf & Leech. ex Moldenke. Gusev A. P. (2015) noted that the recovery succession of the landscape after human impact is 6 stages. When studying the development stage of plants on deglaciated terrain, Li Chang recorded 3 stages of succession chain (Li Chang et al. 2014). Thus, on a concrete territorial unit, in addition to the natural elements and properties of plants, the rule of ecological succession is also regulated by groups

of human factors such as policies, practice of cultivation and the types of territory exploitation (Nguyen et al., 2019).

The length of each stage of ecological succession of landscape in the studied area is not the same according to each development direction of the landscape. It depends closely on changing the farming practices of indigenous people and the local policies. For example, in the buffer zone of Konchurang Natural Reserve, before 1955 was a primeval forest, after that was 16 year of grassland, shrub and stage of the recovery forest was 27 years (Fig. 4c). This result is similar to the research results of the author group (Nguyen et al., 2018) in Quangtri Province and Sathay - Ngochoi area, Kontum Province. When studied, Gusev A.P. (2015) found the lengths of stages are very different. Accordingly, the length of the 6 stages of ecological succession is respectively: 1, 2, 5–6, 8–12, 20–30, 60–80 years. Research results of Li Chang et al. show that, the length of the succession stage is very different. Accordingly, the three stages of the succession sequence are respectively: 9–13, 13–102 and 110–400 years (Li Chang et al., 2014).

The ecological succession of the landscape in the studied area can be “repeated” but there has been a marked change in the structure, plant species composition, quality and fertility of soil, characteristics of soil hydrology, microclimate... For example, the transition between the annual crops group and the grassland, shrub landscape group after the 3–7 years cycle is due to the cultivation practices of the ethnic Bana. In addition, the internal transformation of the industrial crop landscape (replacing these industrial crops with others) in the 5–10 years cycle also creates a very short stage of ecological succession. These properties and rules show that, if landscapes do not well managed and have reasonable technical measures, the ecological succession of many kinds will take place in the direction of gradual degradation (both in quality of components that create landscape as well as economic efficiency and environmental quality).

## Conclusions

Konkakin – Konchurang conservation territory has a special geographical position in Vietnam and a deep differentiation of natural and anthropogenic components. In particular, the humid tropical climate is affected simultaneously by climate circulation in the Central Highlands and Central Coast on the terrain intertwined by mountains, plateaus, valleys and plains.

The differentiation of natural and anthropogenic conditions has formed the landscape of Konkakin – Konchurang conservation territory with 1 system, 1 subsystem, 3 classes, 5 subclasses, 13 types and 87 kinds. Types of evergreen broadleaf tropical forests and annual crops have a large area and a wide distribution, containing primitive or affected forest ecosystems typical for the Central Highlands of Vietnam.

Under the human impacts, the landscape had experienced considerable transformations. In the period of 2005 – 2017, 43 kinds of landscape completely disappeared, 33 kinds were newly formed, and 51 kinds retained their properties but changed in size. Types of shrubs, grasslands and perennial crops changed strongly in both quantity and quality. Over the past 50 years, the landscape ecological succession in the studied area has been occurring together with the anthropogenic properties. The ecological succession, with various directions, cycles and stages, has changed the evergreen broadleaf tropical forests under some intermediate stages into shrubs, grasslands, industrial crops or restored natural forest.

In the future, anthropogenic actions will main the main factor that make the change and ecological succession of landscape of Economic efficiency and quality of the environment depend on the human impact on the landscape of Konkakin – Konchurang conservation territory. This is an important basis, should be noted to build policies and plans for territorial development.

### Acknowledgements

The authors would like to thank the Management Board of the project E.1.2: “Researching structure and function of tropical forest ecosystems for conservation, restoration and sustainable use” of the Vietnam – Russia Tropical Center. The finance of this project has supported the investigation, research and use of data for this article.

### References

1. *Alejandro E., Rosamond C., Dennis A., Meritt A.* Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico // *Biodiversity and Conservation*. – 1997. – V. 6. – pp. 19–43.
2. *Atlas of the Central Highlands, Vietnam* // Vietnam Academy of Science and Technology: Program Tay Nguyen 3. – Hanoi: Vietnam Resources - Environment and Map Publishing House, 2015. – 130 p.
3. *Bulatov V.I.* Anthropogenic transformation of landscapes and the solution of regional problems of environmental management: the example of the south of Western Siberia // Doctoral thesis of geographical sciences. – Irkutsk, 1996. – 63 p.
4. *Duong Thi Yen.* Establishing geological basis for sustainable agriculture and forestry development in Gia Lai province // *Doctoral thesis in Geography*. – Hanoi, 2016. – 150 p. [in Vietnamese].
5. *Gusev A.P.* Succession processes in landscapes of the southeast of Belarus: analysis of observations on test plots // *Journal of the Vitebsk State University*. – 2012. – 2(68). – pp. 32–37.
6. *Gusev A.P.* Recovery successions in landscapes of the south-east of Belarus disturbed by human activity // *Journal of the Belarusian State University* 3. – 2015. – № 1. – pp. 26–30.
7. *John A. Parrottaa, John W. Turnbullb, Norman Jonesc.* Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands // *Forestry Ecology and Management*. – 1997. – V. 99. – p 1–7.
8. *Li Chang, Yuanqing He, Taibao Yang, Jiankuo Du, Hewen Niu, Tao Pu.* Analysis of Herbaceous Plant Succession and Dispersal Mechanisms in Deglaciaded Terrain on Mt. Yulong, China // *The Scientific World Journal*. – 2014. – Volume 2014. – Article ID 154539. – 13 p.
9. *Marília C. Lignon, Michel M. Mahiques, Yara S. Novelli, Marcelo Rodrigues, Daniel A., Klein, Samara C. Goya, Ricardo P. Menghini, Clodoaldo C. Tolentino, Gilberto Cintrón-Molero, Farid Dahdouh-Guebas.* Analysis of mangrove forest succession, using sediment cores: a case study in the Cananéia–Iguape coastal system, São Paulo–Brazil” // *Brazilian journal of oceanography*. – 2009. – V. 57 (3). – pp. 161–174.
10. *Nelson O. Uwalaka, Joseph I. Muoghalu, Afolabi O. Osewole.* Species diversity and successional dynamics in the secondary forest of Obafemi Awolowo University Biological Gardens ile-ife, Nigeria // *Nature Conservation Research. Dapavestnic nauka*. – 2018. – V. 3 (1). – pp. 21–34.
11. *Nguyen Dang Hoi.* Studying anthropogenic landscape for rational use of territory // *Journal of Science of Hanoi National University of Education*. – 2003. – V. 4. – pp. 145–153.
12. *Nguyen Dang Hoi, Kuznetsov A.N., Kuznetsova S.P.* Current status and succession of plants in the anthropogenic ecosystems of Giolinh district, Quangtri province formed after the impact of herbicides in the war // *Proceedings of the 5<sup>th</sup> National Conference on Ecology and Bioresources*. – Hanoi: Agriculture Publishing House, 2013. – pp. 1363–1371.
13. *Nguyen Dang Hoi, Nguyen Cao Huan, Ngo Trung Dung.* Anthropogenic succession of the landscape of Ngochoi, Sathay and Iah’drai districts, Kontum province // *Proceedings of the*

- 9<sup>th</sup> National Conference on Geography. – Hanoi: Publishing House of Natural Science and technology, 2016. – pp. 11–20. [in Vietnamese].
14. *Nguyen Dang Hoi, Ngo Trung Dung, Nguyen Thi Loan, Dang Thi Nhung.* Characteristics of natural - anthropogenic landscapes in Konkakin National Park and surrounding areas // Scientific report on project of Vietnam-Russia Intergovernmental Committee for Vietnam-Russia Tropical Centre. Hanoi: Publisher of Vietnam-Russia Tropical Centre, 2017. – 76 p.
15. *Nguyen Dang Hoi, Dang Hung Cuong, Ngo Trung Dung.* Anthropogenic succession of landscapes in western provinces of Vietnam // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 5. Geography.* – 2019. – V. 1. – pp. 19–28.
16. *Nguyen Dang Hoi, Nguyen Cao Huan, Ngo Trung Dung.* Secondary ecological succession of monsoon tropical landscapes in Vietnam // Proceedings of the 11<sup>th</sup> National Conference on Geography. – Hanoi: Publishing House of Natural Science and technology, 2019. – pp. 123–132.
17. *Phan Van Phu.* Study diversity of landscape for organization of the production territory of Daklak Province // Geographical doctoral thesis. – Hanoi, 2016. – 168p.
18. *Pielke A., Walko L.* The Influence of Anthropogenic Landscape Changes on Weather in South Florida // American Meteorological Society. – 1999. – V. 127. – pp. 1663–1673.
19. *Report of the master plan on socio-economic development for K'Bang district (2013-2020).* – Kontum: Publisher of K'Bang District People's Committee, 2012. – 97 p.
20. *Soumana Idrissa.* Comparison of two ecological succession monitoring protocols on restored andisol // Land Restoration Training Programme. – Keldnaholr, 112 Reykjavik, Iceland, 2013. – 23 p.
21. *Thai Van Trung.* Tropical forest ecosystems in Vietnam. – Hanoi: Sciences and Technics Publishing House, 1999. – 298p.
22. *Triskov A.A.* Plant successions of zonal ecosystems: geographical analysis, significance for conservation and restoration of biodiversity // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – Samara: Samara Scientific Center. 2012. – pp. 1387–1390.

**ТРАНСФОРМАЦИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СУКЦЕССИЯ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЗАПОВЕДНОЙ ТЕРРИТОРИИ КОНКАКИНЬ-КОНЧЫРАНГ, ВЬЕТНАМ**

**Нгуен Данг Хой<sup>1</sup>, Нго Чунг Зунг<sup>1</sup>, Данг Хунг Кыонг<sup>1,2</sup>, Колесников С.И.<sup>2</sup>, Тишков А.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центра, г. Ханой, Вьетнам.*

<sup>2</sup>*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов на Дону, Российская Федерация*

<sup>3</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Российская Федерация*

*e-mail: [danghoi110@gmail.com](mailto:danghoi110@gmail.com)*

Изучение характеристик разнообразия, изменения и экологической сукцессии ландшафтов является важным при определении территориальной дифференциации, особенно в муссонных тропиках, как Центральное нагорье Вьетнама, где наблюдается сильная дифференциация по азональности. Заповедное территория Конкакин-Кончыранг имеет особое географическое положение, расположено в северо-восточной части провинции Зялай и отличается глубоким разделением природных и антропогенных компонентов и факторов. На влажный тропический климат этой области одновременно влияет Центральное нагорье и Центральное побережье. Как разнообразные природные условия, так и сильное антропогенное влияние, способствовали созданию типичной природно-антропогенной ландшафтной системы в изучаемом районе. Природно-антропогенные ландшафты достаточно дифференцированы от 1 системы, 1 подсистемы, 3 классов, 5 подклассов, 13 типов и 87 видов. Ландшафтное разнообразие



проявляется в закономерности высотной поясности. Разнообразие ландшафтов отражается не только по их количеству, но и по частоте встречаемости какого-либо определенного ландшафта на исследуемой территории. В течение периода исследований с 2005 по 2017 год наблюдали значительные изменения в ландшафтах исследуемой территории, как в количественном, так и в качественном отношении. В течение примерно 13 лет, ландшафты изучаемого района сильно изменились. В 2005 году насчитывалось 94 вида ландшафта, включая группы вечнозеленых широколиственных тропических лесных ландшафтов, кустарников, саванн, агроландшафтов. Сравнение этих двух периодов показывает, что исчезли 43 вида ландшафта и сформировано 33 новых вида. Остальные ландшафты имеют колебания в площади. В этом изучаемом районе формирование типичной ландшафтной сукцессии обусловлено деятельностью местных жителей. Вечнозеленый широколиственный лесной ландшафт под воздействием человека привел к катастрофическим изменениям. Сукцессионные изменения происходят в короткие промежутки времени, что приводит к созданию новых ландшафтов.

**Ключевые слова:** Заповедная территория, разнообразие, изменение ландшафта, антропогенное влияние, Конкакинх-Кончыранг.

*Поступила в редакцию 15.09.2019 г.*

ИСТОРИЧЕСКИЕ, АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ И  
ИСКУССТВОВЕДЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 579.22

**БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИ КАЗАНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ:  
ПОДГОТОВКА К ОТКРЫТИЮ И ПЕРВЫЙ УСТАВ**

**Трушин М.В.**

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: [mtrushin@mail.ru](mailto:mtrushin@mail.ru)

В течение XIX века в Российской империи бушевали различные эпидемии. Научные исследования в области медицинской микробиологии требовались для контроля соответствующих инфекций. Начиная с последней четверти столетия для этих целей стали открываться специализированные подразделения в университетах. Данная статья рассматривает подготовку к открытию в Казани Бактериологического института при Императорском Казанском университете.

**Ключевые слова:** Казанский университет; Бактериологический институт; строительство; устав; Н.Ф. Высоцкий.

**Введение**

С момента учреждения Казанского учебного округа (1802 г.) и последующего основания университета (1804 г.) берет свое начало развитие медицины в Поволжье. Казанский университет (медицинский факультет) являлся важным координирующим органом в решении различных медицинских вопросов, в том числе связанных с распространением заразных болезней. На протяжении всего XIX в. Казанская губерния претерпевала лишения от различных эпидемий – можно упомянуть вспышки холеры (Блосфельд, 1848), чумы (Скворцов, 1879), гриппа (ГА РТ, Ф. 92, О. 1, Д. 5354) и других инфекционных болезней. Возникла необходимость исследовать заразные начала с целью их последующего контроля. Появление микроскопов в Казанском университете (ГА РТ, Ф. 92, О. 1, Д. 6158) способствовало развитию медицинской микробиологии.

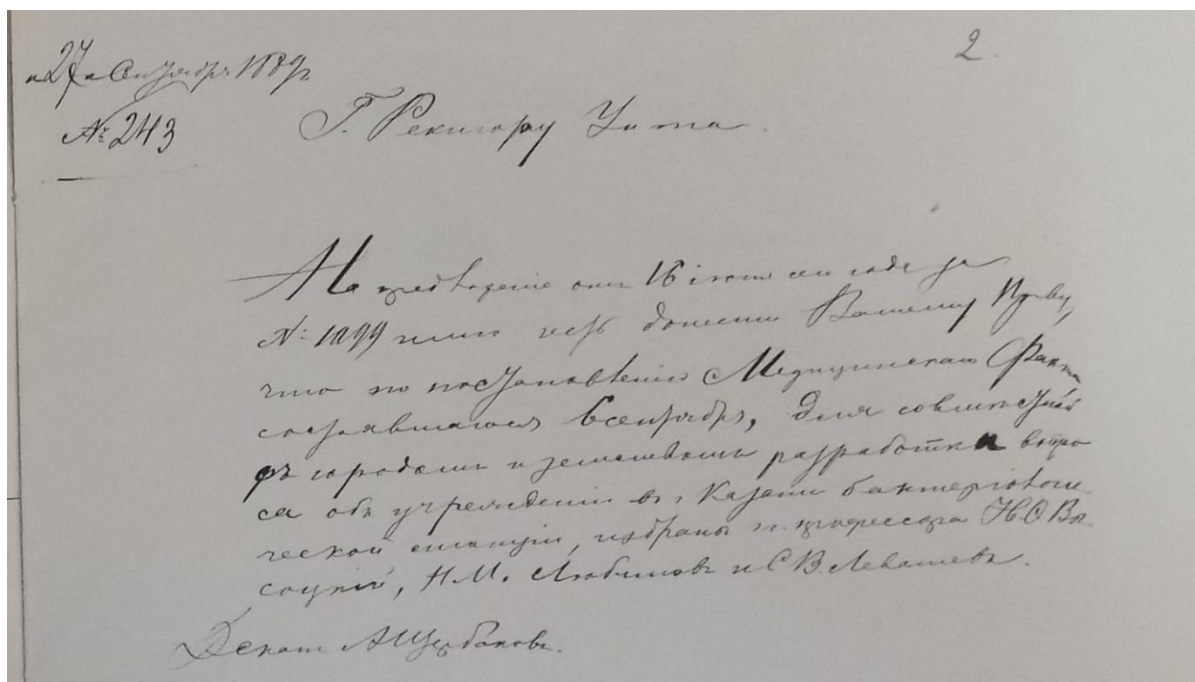
Первые важные достижения в исследовании микроорганизмов, как возбудителей различных заболеваний, так и «полезных», началось во второй трети XIX столетия. Развитие микробиологии в Казанском университете коррелировало с уровнем современной науки в Европе. Представители университетской профессуры часто выезжали в Европу на различные стажировки (Сорокин, Скворцов и другие) и выставки, а также для личного общения с известными микробиологами. В 80-е годы Н.В. Сорокиным был написан один из первых учебников по микробиологии в Российской империи, появлялись новые оригинальные концепции – теория микробиоза И.П. Скворцова (Trushin, 2019). Шло развитие представлений о возбудителях кожных болезней, в частности – сифилиса (Трушин, 2019). Вопросы прикладной микробиологии становились все актуальнее.

Первое упоминание о целесообразности открытия специальной бактериологической станции было связано со становлением практики прививания оспы детям университетских служащих в середине XIX в. (ГА РТ, Ф. 2, О. 15, Д.243.). Вышеупомянутый Н.В. Сорокин в середине 80-х гг. предпринимал специальное путешествие для осмотра бактериологических станций в Европе (ГА РТ, Ф. 977, О. 4, Д. 7496) – в 1889 г. она появилась в Казани (ГА РТ, Ф. 98, О. 2, Д. 2241): по всей Российской

империи наблюдались аналогичные мероприятия по открытию бактериологических станций и специализированных отделений – от Санкт-Петербурга (Мазинг и Андриюшкевич, 2013) до Иркутска (Чернигов, 2003). Параллельно в образовательный процесс вошла практика преподавания бактериологических методов исследований (ГА РТ, Ф. 977, О. 4, Д. 7724). Все это явилось причиной появления необходимости создания более крупного специализированного научного подразделения, занимающегося вопросами бактериологии – бактериологического института. О подготовке к его открытию и первом Уставе института и пойдет речь в данной статье.

### Подготовка к открытию Бактериологического института: первые шаги

Продвижение научных проектов часто обуславливается насущными задачами: необходимость открытия бактериологической станции в Казани возникла по причине потребности в оказании специальной помощи жителям, укушенным собаками. В ответ на обращение Казанского городского главы от 16 июня 1889 г. в адрес Правления университета с просьбой принять участие в работе по учреждению бактериологической станции, декан медицинского факультета указал комиссию трех человек, которые были избраны ответственными за участие в ее открытии – это были сотрудники, сыгравшие в последствии важную роль в открытии и работе Бактериологического института (рис. 1) (ГА РТ, Ф. 977, О. «Медфак», Д.1838.).



**Рис. 1.** Обращение декана (с 1886 по 1890 гг.) медицинского факультета А.Я Щербакова к ректору университета Н.А. Кремлеву об избрании Н.Ф. Высоцкого, Н.М. Любимова и С.В. Левашова (ГА РТ, Ф. 977, Оп. «Медфак», Д. 1838.) для участия в открытии бактериологической станции

Председательствовал в комиссии Н.Ф. Высоцкий (1843 года рождения, окончивший курс врачебных наук в Казанском университете в 1863 г.), один из самых авторитетных профессоров медицинского факультета. К сожалению, работа комиссии сталкивалась с проблемами бесконечных согласований на разных уровнях и двигалась вперед очень медленно, если не сказать больше. Даже невероятный энтузиазм Н.Ф. Высоцкого не всегда приносил свои результаты. Поэтому спустя 5 лет, в 1894 г., комиссия была расширена – председательствовал все тот же Н.Ф. Высоцкий, но были

включены дополнительные члены – П.М. Аргутинский-Долгоруков, А.П. Подбельский, М.Я. Капустин и А.И. Казем-Бек. Перед этой комиссией была поставлена и практическая задача – разработать методы борьбы с дифтерией, эпидемия которой как раз разразилась в то время (ГА РТ, Ф. 81, О. 2, Д.479.). Распоряжение Казанской Губернской Земской управы гласило о необходимости принятия скорых мер (ГА РТ, Ф. 81, О. 2, Д. 513.) Усилиями комиссии во главе с Н.Ф. Высоцким было внедрено применение антидифтерийной сыворотки (по методу Эмиля Адольфа Беринга) в специализированном отделении в стенах Казанской земской больницы. В 1895 г. борьба с дифтерией обозначалась как главная задача нового планируемого к открытию научно-лечебного учреждения при Казанском университете – Бактериологического института (ГА РТ, Ф. 2, О.5, Д.1745.). Комиссия ходатайствовала о проведении Областного съезда с участием медицинского сообщества ближайших 14 губерний с целью разработки противодифтерийных мероприятий: об этом упоминается в переписке ректора университета К.В. Ворошилова с Попечителем Казанского учебного округа В.А. Поповым (ГА РТ, Ф. 977, О. 4, Д. 9459.) 26 мая 1896 г. Съезд состоялся, на котором был одобрен проект устройства Областного бактериологического института при Казанском университете (труды самого Съезда были опубликованы годом позже (ГА РТ, Ф. 977, Оп. 4, Д. 9676). Актуальность и практическая польза от такого института была очевидна для всех.

В 1896 г. началось государственное финансирование постройки. Шло оно с различными трудностями. На заседании строительной комиссии от 20 апреля 1898 г. было заслушано предложение попечителя Казанского учебного округа на имя ректора университета от 18 апреля за номером 3431 о нижеследующем: «представляя в Министерство народного просвещения 11 октября 1896 г. за номеров 7536 проект и смету на устройство бактериологического института при Императорском Казанском университете, мною было высказано, между прочим, на основании донесения Вашего Превосходительства от того же 11 октября за номером 1670, что эта постройка может быть осуществлена на те средства, которыми университет располагал в то время на этот предмет, а в представлении от 4 января 1897 г. за номером 49 на основании заключенного со строительной комиссией от 31 декабря 1896 г. купцом Шмелевым контракта было донесено министерству, что к 1 октября 1898 г. постройка бактериологического института будет вполне окончена» (ГА РТ, Ф. 977, Оп. «Медфак», Д. 2280). То же самое было сообщено бывшему Министру народного просвещения графу И.Д. Делянову профессором Н.Ф. Высоцким в письме от 8 января 1897 г. Ввиду таких данных Министром дано было движение представлению моему от 4 декабря 1896 г. за номером 9261 и за номером 3613 об ассигновании средств на содержание института», далее отмечалось: «...как известно, 1 декабря 1897 г. последовало Высочайшее соизволение на отпуск Казанскому университету на этот предмет из сумм Государственного казначейства до 6000 рублей в год считая с 1 января 1898 г. Затем в Министерство народного просвещения была сообщена из Комитета министров высочайшая резолюция на Всеподданнейшем отчете Казанского губернатора за 1895 г. о желательном открытии бактериологического института в Казани, и, руководствуясь вышеизложенными данными, было донесено Комитету министров, что вопрос об открытии сего института считается не решенным и что университет на это в каких-либо дополнительных средствах не нуждается». 7 января и 13 марта вследствие докладной записки профессора Н.Ф. Высоцкого было возбуждено ходатайство о дополнительном ассигновании университету 20000 рублей для возведения вспомогательных построек бактериологического института. Господин Губернатор не нашел возможным поддержать это ходатайство и просил университет изыскать их из его собственных средств «на покрытие расходов, кои ныне университет считает нужными для бактериологического института» (ГА РТ, Ф. 977, Оп. «Медфак», Д. 2280, Л. 27.).

Постройка здания должна была быть окончена к 1 октября 1898 г. Отмечалось, что для постройки самого здания средств достаточно, а «что касается вспомогательных построек и оснащения университета, то необходимы дополнительные ассигнования до 15000 рублей». Как видно из дел университета, первое ходатайство от 29 мая 1896 г. на Бактериологический институт за номером 1003 определяло стоимость всех построек с включением надворных – 56745 рублей 71 копейку, впоследствии было возбуждено ходатайство 11 октября 1896 г за номером 1670 о разрешении построить лишь 3-этажное здание Бактериологического института, стоимость которого была исчислена по смете в 48057 рублей 86 копеек, что и было разрешено Министерством с привлечением 25000 рублей, отпущенных по Высочайшему повелению из Государственного казначейства и из сумм поступающих пожертвований. Далее, из представленной университету копии документа Департамента Государственного казначейства на имя г-на Казанского губернатора от 7 августа 1897 г. за номером 5704 видно, что на внесенном по Высочайшему повелению в Комитет министерств «Отчете Всеподданнейшем» за 1895 г. о состоянии Казанской губернии «воспоследовали Высочайшие Его Императорского Величества отметки»: по вопросу о желательности скорейшего открытия Бактериологического института «ДА» и напротив заявления губернатора, что «окончание этого дела будет зависеть от изыскания суммы, недостающей на осуществление всего проекта от 15 до 20 тысяч рублей» – «к министру финансов». По поводу сего Министерством финансов было сообщено Управляющему делами Комитета министров, что относительно необходимых для дальнейшего успешного хода дела благоустройства института от 15–20 тысяч рублей с Министерством финансов никакой переписки не происходило. После сего профессор Н.Ф. Высоцкий лично ходатайствовал перед Временно Управляющим Министерством народного просвещения и Министром финансов об ассигновании означенной дополнительной суммы и о том же было возбуждено ходатайство от университета 5 января 1898 г. за номером 26, в котором испрашивался кредит на окончательное устройство бактериологического института в размере 20000 рублей и вместе с тем испрашивалось разрешение употребить имеющую остаться сумму 6000 рублей, ассигнованных с 1898 г. на содержание Бактериологического института с 1 января до времени его открытия на его оборудование.

Строительная комиссия, «по обсуждении вышеизложенного, не питая надежд на успех в случае возбуждения нового ходатайства об ассигновании указанной выше суммы со своей стороны предположила ходатайствовать о разрешении употребить на постройки самых необходимых на первое время служб, конюшни и зверинца ту сумму, которая останется из ассигнованных ранее». Строительная комиссия просила медицинский факультет обсудить подробно относительно возможности возведения необходимых вспомогательных построек с тем, чтобы в конце года иметь возможность открыть институт. 3 октября 1898 г. был поднят вопрос о проведении газа, устройстве водопровода и водостока. На газ необходимо было 1200 рублей, на строение ватер-клозетов – 1360 рублей на проведение водопроводной магистрали – 96 рублей 50 копеек. Документы были подписаны ректором К.В. Ворошиловым.

### **Временный Устав Бактериологического института**

В марте 1898 г. появился проект временного Устава института (ГА РТ, Ф. 977, Оп. «Медфак», Д. 2145.). В начале отмечалось, что Бактериологический институт является учебно-вспомогательным учреждением медицинского факультета, находится в его заведовании. Для заведования институтом избиралось 5 членов, включая директора. Для помощи директору избирался товарищ, который мог брать на себя обязанности директора на время его болезни или отсутствия. Каждое из отделений института имело

своего заведующего, в помощь каждому из них избирался лаборант с высшим образованием, имеющий специальную подготовку, а также институтский ветеринар. Общее направление научной и практической деятельности определяется решением факультета, заведование делами института возлагается на конференцию под председательством декана и состоящую из всех членов института. Общее наблюдение за хозяйством института возлагается на хозяйственный комитет, образуемый под председательством директора из заведующего научным отделом и одного из заведующих практическими делами по выбору конференции института на 4 года. Институт по Уставу финансировался за счет средств Государственного казначейства, пособий, назначенных институту общественными учреждениями частными лицами, доходов от изготовленных в институте препаратов и платы за лечение больных. Институт имеет свою печать с государственным гербом и надписью – «Бактериологический институт при Императорском Казанском университете».

В Уставе отмечалось, что «являясь учебно-вспомогательным учреждением медицинского факультета, в то же время институт преследует научные цели и проводит оценку научных способов борьбы с заразными болезнями, выполняет изготовление и усовершенствование лечебных средств (сывороточная, бактериальная терапия). При институте могут быть организованы краткие практические курсы для врачей, чтобы дать им знания в области бактериологии на современном уровне». Ввиду указанных целей в институте по Уставу предполагалось 3 отделения: 1. Научно-педагогическое, служащее для научных разработок вопросов микробиологии в области медицины и для целей преподавания, 2. Отделение для приготовления бактериальных токсинов, вакцин и сывороток, 3. Станция для антирабических прививок (ГА РТ, Ф. 977, Оп. «Медфак», Д. 2145, Л. 6.). Окончательный проект Устава был утвержден Министром народного просвещения Г. Зенгером 10 апреля 1902 г.

### Заключение

10 февраля 1900 г. состоялось открытие Бактериологического института (рис. 2), первым директором которого стал Н.Ф. Высоцкий.



**Рис. 2.** Современный вид здания бывшего Бактериологического института (ныне – Казанский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора РФ)

В институте он параллельно заведовал Пастеровским отделением, основным направлением которого было проведение вакцинации в случаях укусов (собаками, кошками, свиньями, волками и даже телятами). За первый год работы было пролечено 185 укушенных (мужчин – 65, женщин – 34, детей – 86) людей. Коллеги Н.Ф. Высоцкого по Комиссии – И.Г. Савченко и другие также участвовали в работе института. Совокупное количество работников было небольшим и не превышало двух десятков, что не мешало проводить колоссальный объем научно-исследовательской и лечебной работы.

### Список литературы

1. Блосфельд Г. Замечания о восточной холере // Ученые записки Казанского университета. – 1848. – Книга I. – С. 1–102.
2. Иркутские повествования. 1661–1917 годы. В 2 т. Т.2. / Автор-составитель А.К. Чернигов. – Иркутск: Отгиск, 2003. – 464 с.
3. Мазинг Ю.А., Андриюшкевич Т.В. Создание института, подобного Пастеровскому в Париже (к 125-летию Указа Императора Александра III // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2013. – Сер. 11. – Вып. 4. – С. 226–254.
4. Скворцов И.П. Ветлянская эпидемия и вызванные ею санитарно-медицинские меры // Ученые записки Казанского университета. – 1879. – Книга IV. – С. 379–443.
5. Сорокин Н.В. Растительные паразиты как причина заразных болезней человека и животных. – Санкт-Петербург: Глав. воен.-мед. упр., 1882-1886. – 2218 с.
6. Трушин М.В. К 165-летию со дня рождения Аристарха Ивановича Смирнова: вклад ученого Казанского университета в исследование сифилиса // Ученые записки Новгородского государственного университета. – 2019. – № 1 (19). – С.1–5.
7. Trushin M.V. I.P. Skvortzov and Imperial Kazan University // European Journal of Science and Theology. – 2019. – Vol. 15. – №.2. – P. 149–158.
8. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 92, Опись 1, Дело 5354.
9. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 92, Опись 1, Дело 6158.
10. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 2, Опись 15, Дело 243.
11. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись 4, Дело 7496.
12. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 98, Опись 2, Дело 2241.
13. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись 4, Дело 7724.
14. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись «Медфак», Дело 1838.
15. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись «Медфак», Дело 1838.
16. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 81, Опись 2, Дело 479.
17. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 81, Опись. 2, Дело 513.
18. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 2, Опись 5, Дело 1745.
19. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись 4, Дело 9459.
20. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись 4, Дело 9676.
21. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись «Медфак», Дело 2280.
22. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись «Медфак», Дело 2280, Лист 27.
23. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись «Медфак», Дело 2145.
24. Государственный Архив Республики Татарстан, Фонд 977, Опись «Медфак», Дело 2145, Лист 6.

**BACTERIOLOGICAL INSTITUTE AT KAZAN UNIVERSITY: PREPARATION  
FOR THE OPENING AND THE FIRST CHARTER**

**M.V. Trushin**

*Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation,*

*e-mail: [mtrushin@mail.ru](mailto:mtrushin@mail.ru)*

During the XIX<sup>th</sup> century in the Russian Empire raged various epidemics. Scientific research in the field of medical microbiology was required to control the relevant infections. Since the last quarter of a century, specialized units at universities have been opened for this purpose. This article examines the preparations for the opening of the Bacteriological Institute at the Imperial Kazan University in Kazan.

**Keywords:** Kazan University; Bacteriological Institute; construction; charter; N.F. Vysotskiy.

*Поступила в редакцию 26.04.2019 г.*



### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бобко Николай Иванович	Младший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ведущий инженер ЦКП «Спектрометрия и хроматография», ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»
Горбунов Роман Вячеславович	Временно исполняющий обязанности директора, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», e-mail: <a href="mailto:karadag_station@mail.ru">karadag_station@mail.ru</a>
Горбунова Татьяна Юрьевна	Научный сотрудник научно-исследовательского центра геоматики, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», e-mail: <a href="mailto:gorbunovatyu@gmail.com">gorbunovatyu@gmail.com</a>
Данг Хунг Куонг	Магистр географии, научный сотрудник Института тропической экологии, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, e-mail: <a href="mailto:danghungcuong@gmail.com">danghungcuong@gmail.com</a>
Зуев Александр Васильевич	Инженер отдела изучения биоразнообразия и экологического мониторинга; Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ
Капранов Сергей Викторович	Кандидат химических наук, научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»
Колесников Сергей Ильич	Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», e-mail: <a href="mailto:kolesnikov@sfedu.ru">kolesnikov@sfedu.ru</a>
Кузнецов Андрей Николаевич	Доктор биологических наук, согендиректор Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, e-mail: <a href="mailto:forestkuz@mail.ru">forestkuz@mail.ru</a>
Кузнецова Светлана Павловна	Старший инженер Института тропической экологии, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр
Лапченко Владимир Александрович	Научный сотрудник отдела изучения биоразнообразия и экологического мониторинга, Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ, e-mail: <a href="mailto:ozon.karadag@gmail.com">ozon.karadag@gmail.com</a>
Лебедев Ярослав Олегович	Научный сотрудник научно-исследовательского центра геоматики, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», e-mail: <a href="mailto:ya.o.lebedev@yandex.ru">ya.o.lebedev@yandex.ru</a>
Лысенко Виталий Мванович	Кандидат геологических наук, доцент кафедры География океана, Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе, e-mail: <a href="mailto:niagara_sev@mail.ru">niagara_sev@mail.ru</a>

Нго Трунг Дунг	Магистр географии, научный сотрудник Института тропической экологии, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, e-mail: <a href="mailto:ngotrungdung266@gmail.com">ngotrungdung266@gmail.com</a>
Нгуен Ван Тхинь	Кандидат биологических наук, директор Южного отделения, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр
Нгуен Данг Хой	Кандидат географических наук, директор Института тропической экологии, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, e-mail: <a href="mailto:danghoi110@gmail.com">danghoi110@gmail.com</a>
Никифорова Мария Павловна	Кандидат географических наук, доцент кафедры туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: <a href="mailto:nikiforovamp@yandex.ru">nikiforovamp@yandex.ru</a>
Тишков Аркадий Александрович	Доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научным вопросам, Институт географии РАН, e-mail: <a href="mailto:tishkov@biodat.ru">tishkov@biodat.ru</a>
Трушин Максим Викторович	Кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики, Институт фундаментальной медицины и биологии, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: <a href="mailto:mtrushin@mail.ru">mtrushin@mail.ru</a>

**Ассоциация по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных  
«ЖИВАЯ ПРИРОДА СТЕПИ»**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А.О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»**

**КАРАДАГСКАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ им. Т.И.ВЯЗЕМСКОГО –  
ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК РАН**

# **ТРУДЫ КАРАДАГСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ им. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО – ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА РАН**

**Основан в мае 2016 г.**

**Основатель журнала –  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А.О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»**

**Научное издание**

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
Сер. ПИ № ФС77-76870 от 11 октября 2019 г.**

Утверждено к печати научно-техническим советом Карадагской научной станции им.  
Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН – филиалом Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра  
«Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»  
(протокол № 2 от 07 ноября 2019 г.)

Главный редактор: Р. В. Горбунов, канд. геогр. наук  
Заместитель главного редактора: В. И. Мальцев, канд. биол. наук  
Технические редакторы: Е.А. Петлюкова, Л. В. Знаменская

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 10,25. Тираж 100 экз. Заказ № 11А/09.

Отпечатано с оригинал-макета в типографии «ИТ «АРИАЛ».  
295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,  
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru