# УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

**№** 1 2017

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор РИНЦ – 0,906

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: http://www.natural-sciences.ru/
Правила для авторов: http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index
Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор
ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор
Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.х.н., проф. Великородов А.В. (Астрахань); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.х.н., проф. Душкин А.В. (Новосибирск); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.х.н., проф. Микитаев А.К. (Нальчик); д.х.н., проф. Нилов А.П. (Егорьевск); д.х.н., проф. Танганов Б.Б. (Улан-Удэ); д.с.-х.н., проф. Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.с.-х.н., проф. Берсон З. (Великий Новгород); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.с.-х.н., проф. Коцарева Н.В. (Белгород); д.с.-х.н., проф. Ланцева Н.Н. (Новосибирск); д.с.-х.н., проф. Морозова Н.И. (Рязань); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.с.-х.н., проф. Улимбашев М.Б.(Нальчик); д.с.-х.н., проф. Ухтверов А.М. (Самара); д.с.-х.н., проф. Хазиахметов Ф. С. (Уфа); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.г.-м.н., проф. Абилхасимов Х.Б. (Астана); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Новочеркасск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Кызыл); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Свидетельство – ПИ № 77-11311.

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,906.

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель –ИД «Академия Естествознания» Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»

Почтовый адрес — 105037, г. Москва, а/я 47, АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, редакция журнала «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

Ответственный секретарь редакции – Бизенкова Мария Николаевна – +7 (499) 705-72-30 E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 10.02.2017

Формат 60х90 1/8 Типография ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания», г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка Митронова Л.М. Корректор Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный. Усл.п.л. 15,75 Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/1-2017 Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

#### СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)	
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЭКСТРАКТОВ СОСНЫ, ПОЛУЧЕННЫХ РАСТВОРИТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ (ДСК) Гончарова Н.В., Сячинова Н.В.	<i>7</i>
ОЦЕНКА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ ИЗ ГИДРАТЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ВОЛОКНА Ляшенко С.Е.	13
СТРУКТУРА И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВЕРХОВОГО ТОРФА ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ Орлов А.С., Пономарева Т.И., Селянина С.Б., Труфанова М.В., Парфенова Л.Н	18
ДЕГИДРОКСИЛАЦИЯ СЛЮДЫ В СИСТЕМЕ «СЛЮДА – СТЕКЛО» Шишелова Т.И., Леонова Н.В.	23
Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)	
МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В КАЗАХСТАНЕ Жангазиев А.С., Нурбеков С.И., Тайчибеков А.У., Торегелдиева Р.Т.	28
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ И ДИНАМИКА РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ Никитин С.Н.	33
Науки о Земле (25.00.00)	
ЭКОСИСТЕМЫ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ Аничкина Н.В.	39
ПРОБЛЕМЫ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КОЛОНН СКВАЖИН И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕШЕНИЮ Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Мухаметшин В.Г., Новоселов М.М.	45
МНОГОМЕРНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ЗЕМЛИ, АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ Косиков А.Г., Ушакова Л.А.	52
ВЛИЯНИЕ НАВОДНЕНИЙ НА ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ АМУРА Махинов А.Н., Махинова А.Ф.	58
КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ И ОКЕАНИЧЕСКИЕ ГЕОСИСТЕМЫ: ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ЕДИНСТВО И РАЗЛИЧИЕ Напрасников А.Т.	64
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАНОВОГО ЭФФЛЮЕНТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЦИКЛА АГРОГЕОСИСТЕМ Садчиков А.В.	72
МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В ХОДЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЯСА НОВОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ Салимбаева Р.А.	77
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА Сафиуллин Р.Г., Чернуха Д.С.	
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ САЙКЛИНГ-ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНО-УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Спирина Е.В., Инякин В.В., Зотова О.П., Инякина Е.И.	

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛЯ РАДОНА В СВЯЗИ С ТЕКТОНИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ Сухоруков М.В., Спивак $A.A.$	94
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КРЫМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Хаупшева М.Х., Шугунов Т.Л., Шугунов Л.Ж.	100
ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР УРОЧИЩА ПЫМВАШОР (БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКАЯ ТУНДРА) Шевченко В.П., Любас А.А., Стародымова Д.П., Болотов И.Н., Аксёнова О.В., Алиев Р.А., Гофаров М.Ю., Игловский С.А., Кокрятская Н.М.	105
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ГОРНОЙ ЗОНЕ ДАГЕСТАНА Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л., Хаупшева М.Х.	111
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ Шугунов Т.Л., Хаупшева М.Х., Шугунов Л.Ж.	116
СОВРЕМЕННАЯ СИТУАЦИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫМИ ПРИРОДНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ МОНГОЛИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРЫ-ЗАПОВЕДНИКА БОГДХААН) Эрдэнэчимэг Н., Белозерцева И.А., Энхтайван Д.	121

#### **CONTENTS**

Chemical sciences (02.00.00)	
STUDYING OF PROPERTIES OF THE EXTRACTS OF THE PINE RECEIVED BY SOLVENTS OF VARIOUS NATURE BY METHOD OF THE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY (DSC)  Goncharova N.V., Syachinova N.V.	7
EVALUATION OF OXIDATION-REDUCTION PROPERTIES OF THE SURFACE OF CELLULOSE-GENERATED FIBER-BASED CARBON FABRICS  Liashenko S.E.	13
STRUCTURE AND SORPTION PROPERTIES OF HIGH-MOOR PEAT OF SUBARCTIC TERRITORIES Orlov A.S., Ponomareva T.I., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Parfenova L.N.	18
MICAS DEHYDROXYLATION IN THE «MICA – GLAS» SYSTEM Shishelova T.I., Leonova N.V.	23
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)	
METHODS AND RESULTS OF BREEDING WORK ON CREATING SHORT WINTER SOFT WHEAT KAZAKHSTAN Zhangaziev A.S., Nurbekov S.I., Taichibekov A.U., Toregeldieva R.T.	28
PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS IN CROPS AND DYNAMICS OF GROWTH PROCESSES IN THE APPLICATION OF BIOLOGICAL PRODUCTS Nikitin S.N.	
Earth sciences (25.00.00)	
THE ECOSYSTEMS OF THE EASTERN SLOPE THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND Anichkina N.V.	39
PROBLEMS OF LEAKAGE PRODUCTION CASING WELLS AND PROPOSALS FOR THEIR SOLUTION Apasov T.K., Apasov G.T., Mukhametshin V.G., Novoselov M.M.	45
MULTIDIMENTIONAL SPACE-TIME MODELS OF THE EARTH, ARCTIC AND ANTARCTIC Kosikov A.G., Ushakova L.A.	52
FLOOD IMPACTS ON THE GEOCHEMICAL FLOWS IN THE SOILS OF RIVER VALLEY Makhinov A.N., Makhinova A.F.	
CONTINENTAL AND OCEANIC GEOSYSTEMS: THE GEOGRAPHICAL-HYDROLOGICAL UNITY AND DIFFERENCE Naprasnikov A.T.	64
USE OF METHANE EFFLUENT TO RESTORE THE NATURAL CYCLE OF AGRO-ECOSYSTEM  Sadchikov A.V.	72
MONITORING OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN IN THE CONSTRUCTION OF THE ECONOMIC BELT OF THE NEW SILK ROAD Salimbayeva R.A.	
ASSESSMENT CRITERIA OF LEVEL AND EFFICIENCY OF TOURISM AND RECREATION ECONOMY OF THE REGION Safiullin R.G., Chernukha D.S.	
SOME ASPECTS OF THE CYCLING PROCESS IN TERMS OF THE VOSTOCHNO-URENGOISKOYE FIELD Spirina E.V., Inyakin V.V., Zotova O.P., Inyakina E.I.	89

SPATIAL AND TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE FIELD OF RADON IN CONNECTION WITH THE TECTONIC STRUCTURES Sukhorukov M.V., Spivak A.A.	94
THE ANALYSIS AND THE FORECAST OF VALUES OF AVERAGE ANNUAL TEMPERATURE OF THE CRIMEA WITH USE OF COMPUTER TECHNOLOGIES Haupsheva M.Kh., Shugunov T.L., Shugunov L.Zh.	100
GEOCHEMISTRY OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKES IN PYMVASHOR TROUGH (BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA) Shevchenko V.P., Lyubas A.A., Starodymova D.P., Bolotov I.N., Aksenova O.V., Aliev R.A., Gofarov M.Yu., Iglovsky S.A., Kokryatskaya N.M.	105
STATISTICAL MODELS OF SEASONAL FLUCTUATIONS OF TEMPERATURE IN THE MOUNTAIN ZONE OF DAGESTAN. Shugunov L.Zh., Shugunov T.L., Haupsheva M.Kh.	111
RESEARCH OF DYNAMICS OF TEMPERATURE IN THE FOOTHILL ZONE OF STAVROPOL KRAI Shugunov T.L., Haupsheva M.Kh., Shugunov L.Zh.	116
CURRENT SITUATION OF THE CONSERVATION MANAGEMENT IN MONGOLIA (CASE STUDY: BOGDKHAN MOUNTAIN STRICTLY PROTECTED AREA)  Erdenechimeg N., Belozertseva I.A., Enkhtayvan D.	121

УДК 543.573:637.612:675.813

# ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЭКСТРАКТОВ СОСНЫ, ПОЛУЧЕННЫХ РАСТВОРИТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ (ДСК)

#### Гончарова Н.В., Сячинова Н.В.

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Улан-Удэ, e-mail: natvic@list.ru

Методами термического анализа: дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ) — изучено влияние природы растворителей на свойства полученных экстрактов коры сосны, выполнена оценка термической устойчивости извлеченных экстрактивных веществ. Установлено, что процесс деструкции экстрактивных веществ состоит из нескольких этапов, протекающих в соответствующих температурных интервалах, и сопровождается изменением параметров деструкции системы. Деструкция веществ водного экстракта сосны сопровождается 1 эндотермическим и 2 экзотермическими эффектами, а спиртового экстракта сосны — 1 эндотермическим и 3 экзотермическими эффектами. На ДСК щелочного экстракта наблюдается 1 — эндотермический и 5 экзотермических эффектов. Динамический термогравиметрический анализ (ТГ) щелочного экстракта, в отличие от водного и спиртового экстрактов, сопровождается потерей массы по четырем ступеням, что, вероятно, вызвано большей степенью кристалличности данных экстрактивных веществ. Результаты экспериментальных данных позволили оценить возможность использования данных экстрактов в качестве дубящих агентов в кожевенно-меховом производстве и стабильность их свойств.

Ключевые слова: экстракт сосны, энергия активации, термическая устойчивость, дифференциальносканирующая калориметрия, деструкция, тепловые эффекты химических реакций

#### STUDYING OF PROPERTIES OF THE EXTRACTS OF THE PINE RECEIVED BY SOLVENTS OF VARIOUS NATURE BY METHOD OF THE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY (DSC)

#### Goncharova N.V., Syachinova N.V.

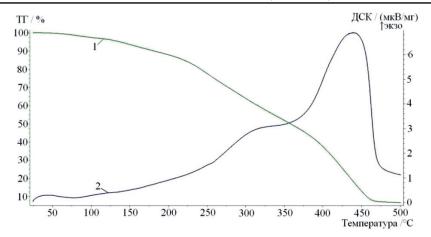
The East Siberian state university of technologies and management, Ulan-Ude, e-mail: natvic@list.ru

The paper studies the influence of solvents on the properties of pine bark extracts. Thermal stability of the extractives obtained is assessed by differential scanning calorimetry (DSC). It is found that destruction of the extractives consists of several stages occurring in the respective temperature ranges and is accompanied by a change in the energy balance system. Destruction of aqueous pine extract substances has an endothermic and 2 exothermic effects and an ethanolic pine extract has an endothermic and 3 exothermic effects. The DSC of the alkaline extract has an endothermic and 5 exothermic effects. Destruction of an alkaline extract, unlike aqueous and ethanolic extracts, comes up with weight loss in four stages, which is likely due to a higher degree of crystallinity of the extractives. The experimental results showed that the extractives could be used as tanning agents in leather and fur production and highlighted their properties stability during storage under unfavorable conditions.

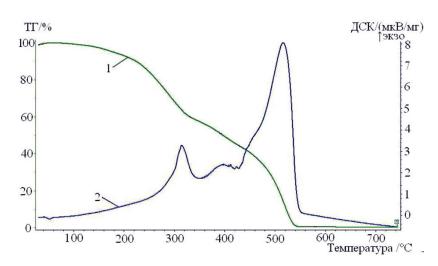
Keywords: pine extract, energy of activation, thermal stability, the differential scanning calorimetry, destruction, thermal effects of chemical reactions

Превращение шкуры в кожу происходит в процессе дубления в результате модификации дермы таннидами. Способность дубильных веществ вызывать существенные структурные изменения коллагена обусловлена их взаимодействием с белком кожных покровов. Образование устойчивой, поперечно связанной структуры за счет возникновения водородных связей между молекулами коллагена и фенольными гидроксилами дубильных веществ сопровождается изменением количества боковых и концевых функциональных групп в молекуле коллагена[8]. Поперечные связи-мостики, которые возникают между соседними цепочками коллагена, образуются только в тех случаях, когда молекулы дубителя достаточно велики и имеют большое количество фенольных групп. Количество и характер «мостиков», образующихся между ароматическими ядрами таннидов и белком дермы, строение самого дубильного вещества, ориентация молекулы таннида по отношению к молекулам коллагена влияют на степень продубленности кожи.

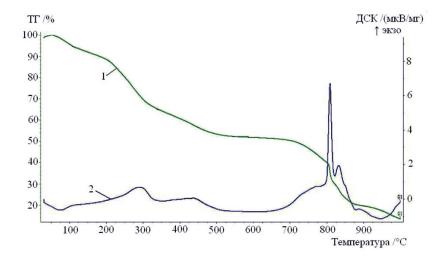
Строение таннидов (за исключением некоторых их представителей) мало изучено, однако установлено, что в основном они являются полифенольными соединениями различной степени конденсации. Химический состав экстрактов, извлекаемых из коры сосны, обусловлен селективной способностью растворителя, имеет различную химическую природу, обладает различной активностью, что сказывается на качестве кожевенно-мехового полуфабриката.



Водный экстракт сосны



Спиртовой экстракт сосны



Водно-щелочной экстракт сосны

Термографические —  $T\Gamma$  (1 — потеря массы образца) и дифференциально-термические ДСК (2 — тепловые эффекты химических реакций) кривые экстрактов сосны

Сосна – основной вид древесины, перерабатываемой в Республике Бурятия в промышленном масштабе. В процессе окорки древесины на предприятиях лесоперерабатывающего комплекса (ЛПК) образуется большое количество отходов в виде коры, которые скапливаются на промышленной территории. Экстрактивные вещества, содержащиеся в коре, во время дождя способны мигрировать в почту и водные объекты, т. е. наносить вред окружающей среде. В экстрактовом производстве кора сосны в промышленном масштабе не перерабатывается из-за низкой степени извлечения водой экстрактивных веществ (~ 3 %) [3, 7].

Объектами исследования были дубильные экстракты сосны, полученные методами водной, щелочной (раствор гидроксида натрия) и спиртовой (этанол) экстракции.

*Цель исследования:* изучение влияния химического состава экстрагента на качественные характеристики экстрактов, полученных из окорки древесины сосны.

Изменение химического состава экстрагента позволило увеличить общий выход экстрактивных веществ до ~ 7% (этанолом) и до  $\sim 22\%$  (водно-щелочным раствором). Качественный состав экстрактов существенно изменился, на что указывает показатель доброкачественности - характеризующий содержание таннидов. Для экстрактов сосны, извлеченных из окорки древесины водой, водно-щелочным раствором и этиловым спиртом, показатель доброкачественности соответственно составил ~ 36%,  $\sim 48\%$  и  $\sim 92\%$ . Сосновая кора, кроме танина, содержит большое количество смолы, отчасти переходящей в экстракт. Содержание дубильных веществ в сосновой коре составляет от 7 до 13% от всей суммы экстрагируемых веществ [3, 4, 7].

Экстракты с высоким показателем доброкачественности, как правило, сильнее модифицируют кожевую ткань и дольше сохраняют свои дубящие свойства в процессе хранения.

Стабильность свойств растительных экстрактов можно оценить с помощью дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ). ДСК позволяет определить температурные границы существования экстрактивных веществ, прочность связей, возникающих междуними, а также интервал температур, при которых эти связи могут быть полностью разрушены [1].

Количественной характеристикой прочности химических связей может быть

энергия активации химических реакций, в данном случае термодиссоциации и термоокисления.

Исследование стабильности полученных экстрактов проводили методами дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК) и термографии (ТГ) на синхронном термоанализаторе NETZSCH STA 449 (см. рисунок).

Разный характер кривых ДСК и ТГ свидетельствует о том, что экстракты, полученные в водной, спиртовой и водно-щелочной средах могут отличаться по химическому составу. Как видно из рисунка, процесс деструкции экстрактивных веществ происходит ступенчато в несколько этапов, протекающих в соответствующих температурных интервалах и сопровождающихся изменением параметров деструкции системы [1, 5, 8, 9].

Первая ступень разложения (табл. 1), находящаяся в области температур до 125 °C, по-видимому, соответствует удалению растворителей, адсорбированных за счет физической природы взаимодействия и легко летучих соединений, перешедших в экстракты в процессе их получения.

Вторая и третья ступени диссоциации находятся в области более высоких температур и обусловлены термической деструкцией вызванной разрывом межмолекулярных химических связей надмолекулярной структуры. Надмолекулярная структура биополимеров характеризуется наличием неупорядоченных аморфных и упорядоченных «кристаллических» областей [6]. Полифенольная природа дубильных веществ способствует возникновению большого количества водородных связей. Стабилизация надмолекулярной структуры происходит за счет химических связей различной природы, причем часть этих связей (например, водородных), несмотря на невысокую энергию активации, не удается разрушить при более низких температурах из-за их пространственного расположения внутри молекулы. Внешние межмолекулярные связи, обладающие большими энергиями активации, стабилизируют пространственное расположение молекул экстракта и способствуют сохранению внутримолекулярных водородных связей. Разрушение внутримолекулярных водородных связей, вероятно, происходит только после разрушения межмолекулярных связей с более высокой энергией активации. Разрушение аморфной области происходит в первую очередь (2 ступень), а затем деструкции подвергаются «кристаллические» области полимера (3 ступень). Если доля аморфной или кристаллической области в полимере незначительна, то соответствующая ступень деструкции, вероятно, может быть слабо выражена.

Разрывом связи -С-С- и полным разрушением молекулярной структуры сопровождается четвертая ступень деструкции экстрактов сосны. Кривая ДСК – водного экстракта сосны характеризуется одним эндотермическими и двумя совмещенными экзотермическими эффектами. Спиртовой экстракт сосны имеет один эндотермический и четыре экзотермических эффекта, последние два эффекта совмещены между собой. На ДСК щелочного экстракта наблюдается 1 - эндотермический и 5 экзотермических эффектов, причем 3 экзотермических эффекта, зафиксированные в интервале температур 680–880°C, перекрывают друг друга, из-за чего не имеют четких границ.

ТГ кривая водного экстракта сосны имеет две выраженные ступени потери массы, соответствующие тепловым эффектам, первая и четвертая ступени практически незаметны. На ТГ спиртового экстракта наблюдается 3 ступени потери массы, последняя ступень совмещена с двумя тепловыми эффектами. Деструкция щелочного экстракта сопровождается потерей массы по четырем ступеням, на последней ступени наблюдается три совмещенных тепловых эффекта, что, вероятно, вызвано большей степенью кристалличности экстрактивных веществ, перешедших в раствор в процессе щелочной экстракции.

Термическая устойчивость вещества определяется энергией активации реакции термодеструкции. Математическая обработка кривых ТГ и ДСК позволяет рассчи-

тать кинетические параметры процесса деструкции вещества, энергию активации  $E_a$  и порядок реакции n. Известно несколько методов расчета данных параметров [1, 10], из которых наибольшее применение нашел метод Фримена и Кэрола и метод двойного логарифмирования.

Исходя из данных табл. 1, можно предположить, что спиртовой и водно-щелочной экстракты сосны обладают большей термической активностью по сравнению с водным экстрактом.

Термическая устойчивость может оцениваться величинами энергии активации реакции термораспада  $E_a$ . Для определения энергии активации, на основании полученных экспериментальных данных, рассчитывается значение двойного лога-

рифма потери массы 
$$\ln \left[ \ln \frac{100}{100 - \Delta m} \right]$$
 для

каждой температуры. Применяя аппроксимацию по методу наименьших квадратов, строится график прямолинейной зависи-

мости 
$$\ln \left[ \ln \frac{100}{100 - \Delta m} \right]$$
 от обратной темпе-

ратуры ( $T_{_{\rm J}}$ ). На оси абсцисс откладывают величины ( $10^3/T_{_{\rm J}}$ ), где  $T_{_{\rm J}}$  – значения температуры при испытании в К $^{\circ}$ , а на оси

ординат — величины 
$$\ln \left[ \ln \frac{100}{100 - \Delta m} \right]$$
.

Вычисляют с точностью до  $0,1^{\circ}$  тангенс угла наклона ( $\phi$ ) построенной прямой линии к оси ординат. Значение энергии активации ( $E_a$ ), кДж/моль, вычисляют по формуле (1):

$$E = \operatorname{tg} \varphi \times R, \tag{1}$$

Таблица 1

где R — универсальная газовая постоянная,  $R = 8.31 \times 10^{-3} \text{ кДж/(моль<math>\times$  К).

Потеря массы экстрактами сосны (ТГ)

Параметры III IV ступень ступень ступень ступень Водный экстракт сосны Интервал температур Т, °С 25-125 130-225 230-355 365-450 3,7 12,0 33,4 43,1 Потеря массы образца  $\Delta m$ , % Спиртовой экстракт сосны 25–185 Интервал температур Т, °С 190-335 340-425 430-540 5,8 35,2 14,5 43,6 Потеря массы образца Дт, % Водно-щелочной экстракт сосны 715–775 Интервал температур Т, °С 25-125 130-325 330-500 780-830 6,5 27,0 13.1 11,9 14,8 Потеря массы образца Дт, %

Таблица 2

Энергии активации экстрактов сосны

Вид соснового	Параметр	I	II сту	пень	III	IV
экстракта		ступень	I этап	II этап	ступень	ступень
Водный	Температурный интервал теплового эффекта, °C	25–125	130–225	_	235–385	365–450
	Энергия активации Е <sub>а</sub> , кДж/моль	14,4	19,8	_	25,8	60,6
Спиртовой	Температурный интервал теплового эффекта, °C	25–95	192–300	305–400	405–460	530–540
	Энергия активации Е <sub>а</sub> , кДж/моль	23,8	34,7	16,7	21,0	187,6
Водно- щелочной	Температурный интервал теплового эффекта, °C	25–125	130–325	330–500	715–775	805–815
	Энергия активации $E_a$ , кДж/моль	25,0	26,4	10,0	31,6	200,2

За результат величины энергии активации принимается среднее арифметическое значение трех определений (табл. 2).

Известно, что дисперсионное взаимодействие стабилизирует надмолекулярную структуру и повышает теплостойкость. Межмолекулярная связь образуется между индуцированными и постоянными диполями или ориентационным взаимодействием двух постоянных диполей [5]. Энергия активации дисперсионного взаимодействия (вторая и третья ступени деструкции) характерна для водного и спиртового экстракта сосны, а первая и вторая ступени — для щелочного экстракта сосны.

Первая ступень обусловлена термодеструкцией дисперсионных сил взаимодействия. Для водного экстракта сосны наблюдается разрыв ион-дипольных связей (14,4 кДж/моль) Разрыв водородной связи средней силы характерен для спиртового и водно-щелочного экстрактов (23,8–25,0 кДж/моль). Вторая ступень термодеструкции спиртового и водно-щелочного экстрактов происходит на первом этапе при более высоких энергиях активации (34,7-26,4 кДж/моль), чем у водного экстракта (19,8 кДж/моль) и обусловлена разрывом внешних межмолекулярных водородных связей средней силы взаимодействия надмолекулярной структуры экстракта. Разрушение внутримолекулярных связей ион-дипольного взаимодействия на втором этапе происходит только у спиртового и водно-щелочного экстрактов после разрушения межмолекулярных связей (16,7–10,0 кДж/моль). Разрушение внутримолекулярных водородных связей происходит по третьей ступени термодеструкции, имеет наибольшее значение для водно-щелочного экстракта (31,6 кДж/моль).

Четвертая ступень деструкции обусловлена разрывом С-С и С-Н ковалентных связей (187,6–200,3 кДж/моль).

Наличие в составе таннидов большого количества ароматических циклов и гидроксильных групп способно вызывать в молекулах эффекты сопряжения, что может приводить к образованию устойчивых внутримолекулярных связей, достигающих сотен кДж/моль (первая ступень водного и третья ступень щелочного экстрактов сосны). Наибольшая энергия активации характерна для щелочного экстракта сосны по четвертой ступени деструкции, что свидетельствует о прочности внутримолекулярных связей.

Следовательно, вещества, извлекаемые из коры сосны водно-щелочным экстрагентом, обладают повышенной термостабильностью. Вероятно, этому способствует присутствующая в растворе щелочь, которая может катализировать процессы конденсации экстрактивных веществ, сопровождающиеся повышением степени полимеризации.

В спиртовых экстрактах сосны значительная доля экстрактивных веществ приходится на смоляные (дитерпеновые) кислоты [2, 3], которые способны проявлять дубящие свойства и склонны к реакции поликонденсации. Некоторые из этих кислот устойчивы к нагреванию на воздухе, чем и объясняются достаточно высокие температуры деструкции веществ этанольного экстракта сосны.

Проверка дубящих свойств экстрактов сосны, полученных с применением альтернативных растворителей, показала перспективность их использования в кожевенно-меховом производстве. После обработки дермы шкуры растворами водного,

водно-щелочного и спиртового экстракта сосны температура сваривания кожевой ткани соответственно составила  $45 \pm 0.5$  °C,  $50 \pm 0.5$  °C и  $52 \pm 0.5$  °C [2]. При этом этанольный экстракт, благодаря наличию смоляных кислот, способствует склеиванию волокнистой структуры дермы.

Проведенное исследование показало, что селективная способность экстрагента влияет на качественный состав получаемых экстрактов. Замена воды, в процессе экстракции, на альтернативные экстрагенты открывает возможность глубокой переработки низкосортного растительного сырья с целью получения дубильных веществ.

Высокая термостойкость экстрактивных веществ, извлекаемых из коры сосны водно-щелочным раствором, указывает на их более стабильные свойства, по сравнению с экстрактивными веществами, извлеченными из растительного сырья водой. Следовательно, водно-щелочные экстракты будут дольше сохранять свои характеристики.

Этанольный экстракт сосны содержит большое количество смоляных кислот [3, 7], которые в основном и определяют его термостойкость. Данный экстракт, вероятно, также может долго сохранять свои свойства в процессе хранения. Он может представлять интерес для производства пленочных материалов.

Данная работа выполнена в рамках госбюджетного задания N 01201462824.

#### Список литературы

- 1. Берг Л.Г. Введение в термографию. М.: Наука,  $1969.-400~\mathrm{c}.$
- 2. Гончарова Н.В., Сячинова Н.В., Думнова Е.А. Изучение влияния природы экстрагента на характер связывания сосновых экстрактов с кожевой тканью // «Лесной и химический комплексы проблемы и решения». Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, 20–21 октября, том 1: Красноярск, 2011. С. 179–181.
- 3. Дейнеко И.П., Дейнеко И.В., Белов Л.П. Исследование химического состава коры сосны // Химия растительного сырья. -2007.-N 1. -C. 19–24.
- 4. Изучение влияния природы экстрагента на качественные характеристики сосновых экстрактов // «Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология образование». Материалы V Международной научно-практической конференции 14–18 сентября: Улан-Удэ, 2009. С. 68–73.
- 5. Исследование взаимодействия продуктов растворения коллагена с органическими растворителями методом дифференциально-термического анализа / Думнов В.С., Славгородская М.В., Могнонов Д.М., Сячинова Н.В. // Изв. вузов. Технол. легкой промышленности. − 1987. № 6. С. 71–75.
- 6. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов по спец. «Хим. технол. высокомол. соединений». М.: Высш. шк.,1992. 512 с.
- 7. Рязанова Т.В. Химия и технология коры хвойных: монография в 2 частях. Ч.1 Химия и использование коры / Т.В. Рязанова, С.М. Репях. Красноярск: СибГТУ, 2010. 180 с.
- 8. Сячинова Н.В., Гончарова Н.В. Взаимодействие белкового гидролизата с экстрактами сосны // Успехи современного естествознания. 2016. N 20. 20
- 9. Термографическое исследование модифицированного гольевого порошка. Данилкович А.Г., Шостак Т.С., Шкаранда И.Т., и др. // Изв. вузов. технол. легкой промышленности. -1984. -№ 2. -C. 59–62.
- 10. Энергия разрыва химической связи. Потенциалы ионизации и сродство к электрону. Под редакцией В.Н. Кондратьева. М.: Наука, 1974. 354 с.

УДК 677.46:543.25

# ОЦЕНКА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ ИЗ ГИДРАТЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ВОЛОКНА

#### Ляшенко С.Е.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, e-mail: SvetlanaLiashenko@yandex.ru

В данной работе исследовалась сорбционно доступная поверхность углеродных тканей на основе гидратцеллюлозного волокна в целом, из которых получают микропористые углеволокнистые адсорбенты. В данной работе предлагается использовать потенциодинамические кривые для оценки окислительно-восстановительных свойств поверхности углеродных материалов. Эта информация важна для понимания физической сущности процессов активирования углеродных материалов и получения углеродных адсорбентов. Установлена корреляция окислительно-восстановительных свойств поверхности углеродных материалов с адсорбционной емкостью полученых из них углеволокнистых адсорбентов. Получена активированная углеродная ткань, которая работает эффективно в процессе доочистки воздуха от паров органических веществ. В динамических условиях благодаря высоким кинетическим параметрам адсорбции, а также свойствам структуры ткань адсорбирует в два-три раза больше, чем активный уголь.

Ключевые слова: сорбционно доступная поверхность углеродных тканей, углеволокнистые адсорбенты, окислительно-восстановительные свойства поверхности, потенциодинамические кривые

## EVALUATION OF OXIDATION-REDUCTION PROPERTIES OF THE SURFACE OF CELLULOSE-GENERATED FIBER-BASED CARBON FABRICS

#### Liashenko S.E.

Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia (MUCTR), Moscow, e-mail: SvetlanaLiashenko@yandex.ru

In this paper we studied the surface of cellulose-generated fiber-based carbon fabrics which are used to produce microporous coal-fiber adsorbents. This paper offers to use potentiodynamic curves for evaluation of oxidation-reduction properties of the surface of carbon materials. This information is important for understanding of physical essence of the processes of carbon materials activation and carbon adsorbents production. There was established the correlation of oxidation-reduction properties of the surface of carbon materials with adsorption capacity and coal-fiber adsorbents produced of them. Activated carbon cloth is obtained which operates efficiently in the process air post-treatment of organic vapors. Under dynamic conditions, due to the high kinetic parameters of adsorption as well as the properties of the fabric structure adsorbs two to three times more than the active charcoal.

Keywords: surface of carbon fabrics, coal-fiber adsorbents, oxidation-reduction properties of the surface, potentiodynamic curves

В настоящее время для изучения сорбционно доступной поверхности углеродных материалов применяются адсорбционные, химические и различные физические методы исследования [1, 3, 9]. Однако химические методы ограничиваются кислотно-основным титрованием, не дающим информации об окислительно-восстановительных свойствах поверхности.

В данной работе применен электрохимический метод исследования окислительно-восстановительных свойств поверхности углеродной ткани, показана корреляция зависимости стационарного потенциала от температуры термообработки (ТТО) углеродных тканей с адсорбционной емкостью адсорбентов, получаемых активацией этих тканей.

Для активирования были подготовлены образцы ткани из волокон на основе гидратцеллюлозы (шелковой ткани «Светло-

горское волокно»), которые подвергались термической обработке. По структуре элементарного волокна этот материал однороден. Характеристики данного материала представлены в табл. 1.

Термическая обработка частично карботизованной промышленно произведенной ткани (при 540 К) проводилась автором в динамических условиях на промышленном агрегате графитации до конечной ТТО 1020-2270 К. То есть лента ткани транспортировалась через камеру нагрева, заполненную инертным газом (расход азота 70-80 л/час) со скоростью 2 м/час. Общее время пребывания ткани в камере нагрева составило 18 мин, что определялось техническими возможностями установки. При таком нагреве реакции, характерные для разных стадий карбонизации, протекают одновременно и не всегда успевают завершиться за время термообработки. После высокотемпературной обработки ткань подвергалась окислению путем активирования водяным паром в потоке азота (концентрация водяного пара составляла 65 об.%).

При взаимодействии водяного пара с углеродом поглощается тепло, скорость процесса газификации (окисления) углерода умеренная, нет локальных перегревов, продукт однородный по качеству [2].

Более низкая стоимость и доступность водяного пара как активирующего агента, а также более слабый эндоэффект реакции взаимодействия воды с углеродом делают этот реагент предпочтительнее в производстве активированных углеродных тканей по сравнению с углекислым газом [2, 6]. Водяной пар перегревался до температуры активации 1020 К. В результате окисления части углерода сформировалась развитая пористая система углеродных материалов. Масса исходного образца углеродной ткани составляла 0,9 г.

Интегральной характеристикой образцов активированной углеродной ткани служит доля потери массы (обгар)  $\Delta m$ , который можно рассчитать следующим образом:

$$\Delta m = \frac{m_0 - m_t}{m_0},\tag{1}$$

где  $m_0, m_t$  — масса ткани в моменты времени t=0 и t, соответственно.

Опытным путем был подобран расход перегретого водяного пара, и он составил 0,3 л/мин.

Для стандартизации экспериментов и возможности сопоставления свойств адсорбентов, полученных при разных условиях, активирование проводилось до получения обгара 30%. Этого вполне достаточно для образования развитой пористости и сохранения приемлемых механических характеристик, в частности, прочности на разрыв [5. 7]. Прочность на разрыв при активации снижается, однако, во всех случаях прочность полученных активированных углеродных тканей составляет 400-500 МПа, что вполне приемлемо для работы, как фильтр материала в процессе доочистки воздуха.

Углеродные волокнистые адсорбенты, полученные из рассматриваемых образцов углеродных тканей, исследовались адсорбционными методами. Для получения их характеристик снималась изотерма адсорбции азота объемным методом [4, 8].

Поверхность полученных образцов углеродной ткани при разной ТТО исследовалась химическим и электрохимическим методами.

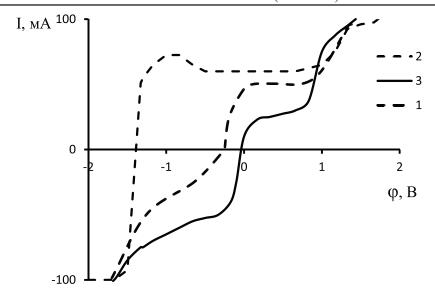
Таблица 1 Технические характеристики нетермообработанной шелковой ткани (Светлогорское волокно)

Показатель	Единицы измерения	Значение
Линейная плотность	текс.	192
Поверхностная плотность	$\Gamma/M^2$	$360 \pm 30$
Число нитей на 10 см		
ОСНОВЫ		$103 \pm 5$
утка		$80 \pm 5$
Разрывная нагрузка полоски ткани		
5×20 см	МПа	2744 (2800)
ОСНОВЫ		2058 (2100)
утка		
Переплетение ткани		саржа 2/2
Ширина ткани с кромками	СМ	$102 \pm 3$

 Таблица 2

 Количество поверхностных функциональных групп на углеродной ткани с различной ТТО

TTO, K	Функциональные группы, ммоль/г					
	_с∠он —он		>c=o			
1770	0,02	0,15	0,28			
2270	0,01	0,02	0,11			



Потенциодинамические кривые, полученные на образцах углеродной ткани с ТТО, равной 2270 К (1), 1770 К (2) и графита (3)

В табл. 2 приведены данные анализа кислородсодержащих функциональных групп на поверхности углеродной ткани с различной ТТО. Определение количества функциональных групп на поверхности материала проводилось химическим методом кислотно-основного титрования (ГОСТ 8930-79). Из табл. 2 видно, что с увеличением ТТО количество всех кислородсодержащих групп падает. Можно обратить внимание на преобладание хинонных групп на поверхности.

Если рассматривать функциональные группы как активные центры, способные к легкому окислению и образованию зародышей микропор при активации углеродных тканей, то можно ожидать, что с увеличением ТТО поверхность становится менее реакционно способной к окислению. Можно также ожидать, что ткань с ТТО 1770 К будет активироваться легче, поскольку имеет гораздо большее количество фенольных групп, способных легко окисляться.

Однако химический метод не дает прямой информации об окислительновосстановительной способности поверхности углеродного материала. Информация об окислительно-восстановительной способности поверхности углеродного материала важна для понимания процесса активации углеродных материалов. В настоящей работе для анализа окислительно-восстановительных свойств поверхности используются потенциодинамические

кривые углеродных тканей. Потенциодинамические кривые снимались с помощью потенциометра. Электродом сравнения служил хлорсеребряный полуэлемент. Все потенциалы в работе приведены относительно нормального водородного электрода. Скорость изменения потенциала задавалась 1 мВ/с. Исследуемый образец представлял собой кусок углеродной ткани размером 10 мм\*10 мм, закрепленный на металлическом токопроводе. От контакта с раствором токопровод изолировался заливкой его парафином. Поскольку удельные поверхности всех исследуемых образцов близки, можно сравнивать токи, идущие в цепи, не приводя их к единице поверхности. В этом случае вносимая ошибка измерения плотности тока не превышает 20%, в то время как токи отличаются на порядки.

На рисунке представлены две потенциодинамические кривые, полученные на образцах углеродной ткани (размером 10 мм\*10 мм) в 0,5N растворе NaOH, и для сравнения аналогичная кривая на графите.

Углеродная ткань, обработанная при 2270 К (кривая 1), имеет более регулярную структуру по сравнению с углеродной тканью, обработанной при 1770 К (кривая 2), и имеет гораздо меньше центров, способных легко окисляться. Об этом свидетельствует тот факт, что стационарный потенциал (ф) этой ткани наиболее близок к потенциалу для графита (кривая 3). Для

образца с ТТО 1770 К стационарный потенциал располагается левее почти на 1 В. Это свидетельствует об ускорении анодных процессов, протекающих на этом образце, то есть о способности его поверхности к более легкому окислению. Такая способность может быть обусловлена наличием центров, способных легко окисляться. Это могут быть дефекты поверхности, какие-либо функциональные группы. При потенциалах выше 1 В и ниже – 1,2 В все потенциодинамические кривые практически не имеют различий. В области ниже – 1,2 В идет активное выделение водорода, все образцы работают как инертные электроды. При потенциалах выше 1 В на образце выделяется кислород, и ткань окисляется практически

Можно ожидать, что при активировании центры, способные к окислению, будут окисляться первыми, образуя поры, и количество пор будет тем больше, чем больше таких центров имеется на поверхности. Исходя из сравнения потенциодинамических кривых, поверхность адсорбента, полученного из углеродной ткани, обработанной при 2270 К, должна быть наименее развитой, поскольку поверхность, имеющая незначительное количество активных центров, при активировании должна окисляться равномерно по всей площади, практически не образуя поры. В то же время наиболее развитая поверхность ожидается у адсорбента, полученного из образца ткани с ТТО 1770 К. Сравнение адсорбционной емкости адсорбентов, полученных из этих образцов углеродной ткани активацией водяным паром при 1200 К и 30%-м обгаре, дает поверхность по БЭТ 390 (образец 1) и 620 (образец 2)  $M^2/\Gamma$ , что подтверждает вышесказанное предположение.

Данная активированная углеродная ткань на основе гидратцеллюлозы предназначена для доочистки воздуха (газовой

фазы) от паров органических веществ: ацетона, изобутилового спирта (ИБС), диметилацетамида (ДМАА). Адсорбционная способность прямо связана не только со структурой адсорбента, но и зависит от свойств адсорбата, его концентрации и параметров проводимого процесса адсорбции. В табл. 3 представлены данные по динамической и предельной емкости полученного адсорбента с поверхностью по БЭТ 620 м<sup>2</sup>/г, условно называемого АУТ-1. Для сравнения в табл. 3 приведены данные для промышленного активного угля типа АР-В. Предельные емкости определялись эксикаторным методом, а динамические - на полупромышленной установке. Сущность эксикаторного метода состоит в насыщении помещенной в бюкс навески отрегенерированного адсорбента парами органических веществ (ацетона, ИБС и ДМАА), концентрация которых составляла  $\approx 1$ .

Величина предельной сорбционной емкости (Б) определялась по разности веса бюкса с адсорбентом после насыщения и после регенерации, в соответствии с формулой

$$\mathbf{F} = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m_0} \, \Gamma / \Gamma, \tag{2}$$

Таблица 3

где  $m_0$  — вес высушенного бюкса (г);  $m_1$  — вес бюкса с навеской адсорбента, доведенной до постоянного веса (г);  $m_2$  — вес бюкса с навеской после насыщения (г).

Из табл. З видно, что при столь низких относительных концентрациях применение активированной ткани АУТ-1 гораздо эффективнее, чем активного угля. Несмотря на то, что предельная емкость промышленного угля несколько выше, чем у активированной ткани, в динамических условиях благодаря высоким кинетическим параметрам адсорбции, а также свойствам структуры ткань адсорбирует в два-три раза больше, чем активный уголь.

Адсорбция паров органических растворителей

Органический растворитель	Абсолютная концентрация, г/м <sup>3</sup>	Относительная концентрация, $\mathrm{C/C}_\mathrm{S}$	Образец	Статическая емкость, г/г	Динамическая емкость, г/г
Ацетон	0,4	0,5·10 <sup>-3</sup>	АУТ-1 AP-B	0,36 0,40	0,17 0,05
ИБС	0,6	1,4·10 <sup>-3</sup>	АУТ-1 AP-B	0,40 0,45	0,18 0,05
ДМАА	0,05	2,6·10 <sup>-3</sup>	АУТ-1 AP-B	0,38 0,40	0,14 0,05

#### Выводы

Таким образом, в данной работе установлена корреляция окислительно-восстановительных свойств поверхности углеродных тканей, полученных при разных ТТО с адсорбционной емкостью, полученных из них углеволокнистых адсорбентов. Полученная активированная углеродная ткань работает гораздо эффективнее, чем активный уголь в процессе доочистки воздуха от паров органических веществ.

#### Список литературы

- 1. Боэм Х.П. Стериохимия и механизмы каталитических реакций. Москва: Мир, 1968. С. 186.
- 2. Бутырин Г.М. Высокопористые углеродные материалы. Москва: Химия, 1976.
- 3. Вартапетян Р.Ш., Волощук А.М., Дубинин М.М. Адсорбция паров воды и микропористые структуры углерод-

- ных адсорбентов. Сообщение 3. // Изв. АН СССР, сер. хим. 1987. № 5. С. 972–977.
- 4. Волощук А.М., Дубинин М.М., Московская Т.А. и др. Пористая структура и химическое состояние поверхности углеродных адсорбентов // Изв. АН СССР. Сер. Хим. 1988. № 2. С. 277.
- 5. Волощук А.М., Хохлова Г.П., Кряжев Ю.Г. Влияние температуры активации и добавки оксидов молибдена на пористую структуру активированных углеродных волокон на основе гидратцеллюлозы // Химия тверд. топлива. 2005. M=0.5. M=0.5.
- 6. Федосеев С.Д. Некоторые теоретические основы активации древесного угля водяным паром // Химия тверд. топлива. 1982. № 5. С. 100–106.
- 7. Фридман Л.И. Аппаратное оформление процесса парогазовой активации углеродных волокнистых материалов // Хим. волокна. -2008.- № 5.- C. 60.
- 8. Dubinin M.M. Microporous structures and adsorption properties of carbonaceous adsorbents // Carbon. 1983. V. 21. No 4. P. 359.
- 9. Zawadzki J. IR-spectral studies anion-exchange process on surface of carbonfilms // Pol. J.Chem. − 1979, v. 53, № 11 − P. 2289–2297.

УДК 541.18.02/.025:553.972

#### СТРУКТУРА И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВЕРХОВОГО ТОРФА ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Орлов А.С., Пономарева Т.И., Селянина С.Б., Труфанова М.В., Парфенова Л.Н.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН, Архангельск, e-mail: alseror@yandex.ru

В настоящее время обострились вопросы, связанные с устранением негативного влияния нефтедобычи и нефтепереработки на состояние окружающей среды, поскольку наблюдающийся рост потребления нефтепродуктов сопровождается повышением риска их разливов и утечек. Наиболее эффективный и доступный метод быстрого сбора нефти при аварийных разливах – применение различных сорбентов. В последнее время широкое применение в промышленности находят сорбенты на основе возобновляемого и медленно возобновляемого сырья. В Архангельской области наиболее перспективным видом такого сырья является верховой торф низкой степени разложения, обладающий рыхлой ячеистой и высокопористой структурой. С точки зрения безопасного природопользования, привлекательно, что, являясь сорбентом природного происхождения, торф не дает экологической нагрузки на биогеоценозы. Данный факт имеет особое значение в условиях низкой устойчивости приарктических биогеоценозов к антропогенному воздействию и слабой способности к самовосстановлению

Ключевые слова: верховой торф, групповой компонентный состав, структура торфа, пористость торфа, степень набухания, нефтеемкость

# STRUCTURE AND SORPTION PROPERTIES OF HIGH-MOOR PEAT OF SUBARCTIC TERRITORIES

Orlov A.S., Ponomareva T.I., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Parfenova L.N.

Federal Center for Integrated Arctic Research of Russian Academi of Sciences, Arkhangeisk, e-mail: alseror@yandex.ru

Nowadays the issues related to elimination of negative influence on the environment of oil production and processing become more acute, since the growing consumption of petroleum products is accompanied by an increase of the risk of spills and leaks. The most effective and affordable method for the rapid collection of oil in case of emergency spills is the use of different sorbents. Lately sorbents on the base of renewable and slowly renewable raw materials have found wide application in the industry. In the Arkhangelsk region the most promising form of such a raw material is peat moss with low degree of decomposition, having loose cellular and highly porous structure. From the point of view of safe environmental management, it is attractive that peat does not give the environmental impact on the ecosystems as a sorbent of natural origin. This fact is of particular importance for subarctic ecosystems because of their low resistance to human activities and weak capacity to self-regeneration.

Keywords: high-moor peat, group chemical composition of peat, peat structure, porosity of peat, the degree of swelling, the oil capacity

Торф – природный возобновляемый источник органических соединений. В мире стабильно растет разработка торфяных месторождений и производство разнообразной торфяной продукции [14]. В России сосредоточено от 40 до 60% мировых запасов этого ценного природного сырья [4], в том числе, в европейской части – треть из них, причем около 70% приходится на торф верхового типа [11].

В настоящее время активно обсуждаются направления промышленного освоения ресурсов арктических и приарктических территорий России. В Архангельской области, занимающей в Северном экономическом районе второе, после Вологодской области, место по объему торфяных ресурсов, общая площадь болот насчитывает 5,8 млн га. Из них 1,2 млн га в той или иной степени изучены в процессе разведки

торфяного фонда Архангельской области. Среди изученных болот 73% относятся к верховому типу, 8% – к переходному и 19% – к низинному [8]. Это ставит технологии переработки верхового торфа одними из наиболее перспективных для создания новых промышленных производств на Севере РФ.

Уникальные свойства торфа определяются как его составом, так и структурными особенностями его матрицы, формирующимися в результате специфической биогеотрансформации растительных остатков в условиях повышенной влажности и недостатка кислорода. Поэтому торф представляет собой природный нанокомпозит, полимерная матрица которого относится к гетеропористым системам, включающим в себя макро- и микроструктуры. Макроструктура торфа обусловлена образую-

щимися из растительных остатков структурами переплетения, уровень развития которых определяется глубиной биотрансформации торфообразователей. Микропористость торфа связана с образованием аморфных надмолекулярных структур агрегативной природы на основе гуминовых веществ и углеводного комплекса торфа, включающих также волокна, обрывки растительных тканей разной дисперсности, битумы и минеральные включения. Коагуляционный тип микроструктуры торфа указывает на применимость к торфяным системам правила динамического дисперсионного равновесия. Элементы микроструктуры различной степени компактности (в зависимости от природы торфа, энергии и характера межмолекулярных сил) находятся в подвижном равновесии и заполняют ячейки порового пространства макроструктуры [7]. Гетеропористость торфяной природной матрицы и наличие разнообразных функциональных групп у ее компонентов позволяет ожидать высоких сорбционых свойств по отношению к разнообразным поступающим из внешней среды соединениям, то есть рассматривать торф как геосорбент. В ряде работ отмечается способность торфа удерживать многие неорганические и органические поллютанты, в том числе компоненты ракетного топлива [13], нефть и нефтепродукты [12]. Представляется закономерной взаимосвязь структуры полимерной матрицы торфа и её свойств, в частности, сорбционных. Однако исследователями уделено этому вопросу недостаточно внимания, а для Северо-Арктического региона даже исследования отдельных аспектов этой проблемы носят единичный характер [9]. Низкая степень разложения верхового торфа, сформированного в условиях холодного климата, позволяет ожидать развитой капиллярно-пористой структуры, соответственно, высокой сорбционной емкости к тем загрязнителям, связывание которых протекает за счет физической адсорбции.

Высокая сорбционная способность торфа важна как с точки зрения природного барьера на пути миграции вредных и опасных соединений, так и возможности получения промышленных сорбентов. Привлекательно, что, являясь продуктом природного происхождения, торф сам по себе не оказывает экологической нагрузки на элементы окружающей среды. Данный факт имеет особое значение в условиях низкой устойчивости приактических

биогеоценозов к антропогенному воздействию и слабой способности к самовосстановлению. По данным исследователей из СибНИИСХиТ [3], нативные микробные и грибные сообщества торфа в условиях умеренно-континентального климата обеспечивают разложение и иммобилизацию поллютантов, что отчасти решает проблему утилизации отработанного сорбента. К сожалению, для торфа приарктических территорий России подобных исследований не проводилось, однако, можно ожидать протекания сходных процессов.

Наиболее важной в настоящее время, с точки зрения сохранения устойчивости экологических систем и устранения вредного влияния транспорта и различных отраслей промышленности на окружающую среду, представляется проблема сорбции нефти и нефтепродуктов [10, 15]. Данное исследование посвящено изучению структуры и нефтесорбции верхового торфа приарктических территорий России.

#### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали репрезентативный интегральный образец верхового торфа мохового типа, отобранный с глубины 25—75 см на территории грядово-мочажинного комплекса Иласского болотного массива (Архангельская обл., Приморский район), который является характерным представителем торфяников прибеломорской провинции – типа, занимающего значительные площади в Архангельской и смежных с ней областях. Основное растение-торфообразователь – сфагнум.

Определение степени разложения проводилось визуальным методом, который заключается в определении относительной площади, занятой бесструктурной частью при рассмотрении тонкого разжиженного слоя торфа на предметном стекле через микроскоп. Для исследования структурной организации на микроуровне водный препарат торфа рассматривали и фотографировали при помощи лабораторного микроскопа Axio Scope A1 (Zeiss) в комплекте с цифровой камерой Canon G10.

Для выполнения остальных исследований образец торфа высушивали на воздухе при комнатной температуре и просеивали на сите с диаметром отверстий 2 мм.

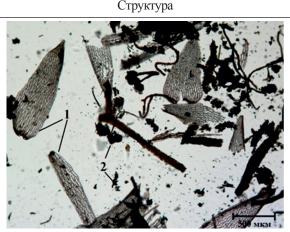
Оценку группового химического состава образца торфа проводили согласно методике, подробно обсуждавшейся в [15]. Насыпную плотность торфа определяли в воздушно-сухом состоянии по ГОСТ 13673-2013 [2]. Оценку открытой пористости торфа осуществляли по методу жидкостенасыщения (метод Преображенского) [5]. Результаты представлены в таблице.

Запись электронных спектров щелочных растворов биополимеров гумусовой природы концентрацией 25 мг/л проводили на спектрофотометре UV-1800 (SHIMADZU, Япония) в кварцевых кюветах (1 см) в диапазоне длин волн λ от 250 до 500 нм с шагом сканирования 0,5 нм и скоростью сканирования 5 нм/с.

Оценку влагоемкости и нефтеемкости верхового торфа проводили весовым методом [6].

VONTONOUTH IN COOTER II	huning viringaria vanarmanuamiru panyapara manda	
компонентный состав и (	физико-химические характеристики верхового торфа	

Показатель	Значение	C
Глубина отбора, см	25–75	
Степень разложения,%	7–12	A Hour
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	$54,0 \pm 2,7$	
Пористость,%	$62,5 \pm 3,1$	
Зольность, %	$2,3 \pm 0,1$	
Массовая доля групповых компонен	тов,% ОВ*	
Экстрактивные вещества	$1,5 \pm 0,1$	
Биополимеры гумусовой природы	$13,7 \pm 0,7$	2
Гуминовые кислоты	$12,6 \pm 0,6$	
Фульвокислоты	$1,19 \pm 0,1$	1-1
Легкогидролизуемые вещества	$54,9 \pm 2,7$	1 – неразложившиеся с
Трудногидролизуемые вещества	$14,5 \pm 0,7$	вателей (лигно-углевод 2 – агрегаты, сформир
Лигнин Классона	$15,3 \pm 0,8$	природы



неразложившиеся остатки растений-торфообразователей (лигно-углеводный каркас торфа)
 – агрегаты, сформированные частицами гумусовой природы

 $\Pi$  р и м е ч а н и е . \* Погрешность метода составляет не более  $\pm$  5%.

## Результаты исследования и их обсуждение

Макроструктура полимерной матрицы торфа (таблица) представляет собой эластичный каркас, образованный переплетениями волокнистых остатков растений. В верховом торфе преобладают фрагменты сфагнума с примесью частиц травянистых растений. Ячейки микроструктуры торфа в ходе постепенной гумификации растительных остатков заполняются частицами агрегативной природы, образовавшимися на основе гуминовых веществ и углеводного комплекса торфа.

Содержание биополимеров гумусовой природы в исследуемом образце торфа составило 13,7% от органического вещества. Электронный спектр поглощения водно-щелочного экстракта торфа имеет вид пологой ниспадающей кривой, на которой присутствуют незначительные максимумы поглощения при 280 и 330 нм, что указывает на присутствие в молекулах гумусовых веществ торфа (ГФК) ароматических структур (рис. 1).

Сопоставляя электронный спектр ГФК торфа и спектр препарата угольных гуминовых кислот (ГК) фирмы «Aldrich», не имеющий выраженных максимумов, можно сказать, что цепи сопряжения ароматических структур в молекулах относительно «молодых» гуматов торфа низкой степени разложения менее развиты, чем в «зрелых» ГК углей.

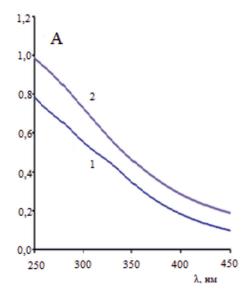


Рис. 1. Электронные спектры поглощения растворов гуминовых веществ:  $I - \Gamma \Phi K$  торфа; 2 - гуминовые кислоты «Aldrich»

Исследования динамики процесса набухания воздушно-сухого торфа в воде, показали, что состояние максимальной степени набухания его полимерной матрицы достигается за 35–40 минут и составляет ( $1450 \pm 70$ )%. Полученные результаты согласуются с литературными данными и характерны для верховых торфов мохового типа низкой степени разложения [15]. Сопоставляя полученные результаты со

значениями максимальных степеней набухания низинных и переходных торфов (325–400%) [10], можно сказать, что верховой торф может поглощать заметно больше воды, чем низинный и переходный, что обусловлено более низкой степенью разложения и сохранением его капиллярно пористой структуры.

Наличие высокопористой структуры объясняет также высокую сорбционную емкость малоразложившегося верхового торфа к фракциям нефтепродуктов, причем наиболее эффективно происходит связывание малоподвижных фракций, таких как мазут, менее эффективно связываются легкоподвижные и летучие фракции, например бензин (рис. 2).

Анализ полученных данных указывает на то, что в процессе связывания нефтепродуктов полимерной матрицей торфа преобладает механизм физической сорбции. При этом сорбционная емкость испытуемого образца верхового торфа мохового типа (по ке-

росину) составляет 7,2 г/г, что сопоставимо с такими промышленными сорбентами на основе торфа, как «Peat-Sorb»  $(4,0-7,0 \ г/г)$  и «Сибсорбент»  $(2,2-8,0 \ г/г)$  [1] (рис. 3).

Таким образом, полученные результаты настоящего исследования сводятся к следующему:

- 1. Верховой торф низкой степени разложения месторождения Брусовица (Приморский район Архангельской области) обладает рыхлой ячеистой и высокопористой структурой, которая частично наследуется от растений-торфообразователей, а также формируется в ходе постепенной биодеградации и гумификации структурообразующих компонентов.
- 2. Малоразложившийся верховой торф приарктических территорий РФ обладает высокой сорбционной емкостью к нефтепродуктам, что делает его перспективным видом сырья для получения эффективных легкоутилизируемых нефтесорбентов.

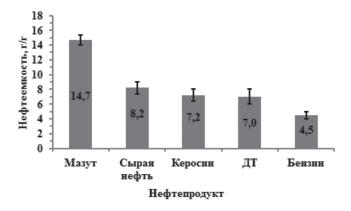


Рис. 2. Сорбционная емкость верхового торфа к различным фракциям нефтепродуктов

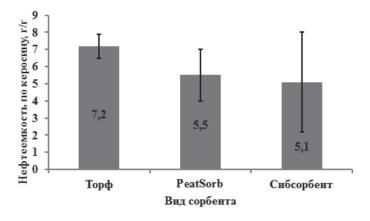


Рис. 3. Сорбционная емкость верхового торфа и некоторых промышленных сорбентов

Авторы выражают благодарность д.с.-х.н., в.н.с. М.В. Сурсо за помощь в выполнении исследований структуры торфа на микроуровне.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФАНО России (тема  $N_2$  0410-2014-0029) и Министерства образования и науки Архангельской области (проект  $N_2$  09-2016-04a) с использованием оборудования ЦКП КТ РФ-Арктика (ИЭПС, ИФПА УрО РАН).

#### Список литературы

- 1. Веприкова Е.В., Терещенко Е.А., Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н. Использование бересты коры березы для получения сорбционных материалов [Текст] // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2012. Т. 2. № 5. С. 178–188.
- 2. ГОСТ 13673-2013 Торф фрезерный. Метод определения насыпной плотности. Введ. 2015-01-01.- М.: Стандартинформ. 2014.-8 с.
- 3. Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Звягинцев Д.Г. Функционирование микробных комплексов в верховых торфяниках – анализ причин медленной деструкции торфа. [Текст]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 128 с.
- 4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0 // Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. [Текст]. М., 2014 С. 768.
- 5. Иванов М.К., Калмыков Г.А., Белохин В.С. Петрофизические методы исследования кернового материала [Текст], учебное пособие в 2 книгах. Кн. 2: Лабораторные методы петрофизических исследований кернового материала. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 113 с.
- 6. Испирян С.Р. Разработка методики комплексной оценки поглощения торфом нефтемаслопродуктов [Текст]: дис...канд. техн. наук. Тверь, 2001. 151 с.

- 7. Копаница Н.О., Ковалева М.А. Особенности структур торфа как сырья для производства строительных материалов [Текст] // Вестник ТГАСУ. 2013. № 1. С. 119—124.
- 8. Косов В.И., Беляков А.С., Белозеров О.В., Гогин Д.Ю. Торф (ресурсы, технологии, геоэкология). [Текст]. СПб., 2007.-452 с.
- 9. Кузнецова И.А., Боголицын К.Г., Бойцова Т.А., Паламарчук И.А., Ларионов Н.С., Бровко О.С. Сорбционные свойства и модификация торфяных гуминовых кислот [Текст]// Вестник САФУ, серия «Естественные науки», − 2013. − № 1. − С. 37–42.
- 10. Парфенова Л.Н., Селянина С.Б., Труфанова М.В., Боголицын К.Г., Орлов А.С., Мальцева Е.В., Соколова Т.В. Компонентный состав и структурная организация торфа болотных массивов Европейского севера России [Текст]// Вестник САФУ, серия «Естественные науки». 2014. № 4. C. 143-154.
- 11. Соколов О.М, Ивко В.Р. Торфяные ресурсы Архангельской области и их использование. [Текст]. Архангельск: РИО АГТУ, 2000. 37 с.
- 12. Томсон А.Э., Наумова Г.В. Торф и продукты его переработки. Мн.: Бел. Наука, 2009. 280 с.
- 13. Ульяновский Н.В., Покрышкин С.А., Косяков Д.С., Кожевников А.Ю., Ивахнов А.Д., Боголицын К.Г. Хроматомасс-спектрометрическая идентификация продуктов трансформации 1,1-диметилгидразина в торфяной почве [Текст] // Химия растительного сырья. 2012. № 3. С. 181–187.
- 14. International Peatland Society: Peatlands International magazine [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.peatsociety.org/.
- 15. Parfenova L.N., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Bogolitsyn K.G., Orlov, A.S., Volkova N.N., Ponomareva T.I. and Sokolova, T.V. Influence of climatic and hydrological factors on structure and composition of peat from northern wetland territories with low anthropogenic impact [Text] // Science of the Total Environment. 2016. № 551–552. P. 108–115.

УДК 621.315.631.1:544.03

### ДЕГИДРОКСИЛАЦИЯ СЛЮДЫ В СИСТЕМЕ «СЛЮДА – СТЕКЛО»

Шишелова Т.И., Леонова Н.В.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, e-mail: anleonova@mail.ru

Цель работы: изучение процесса дегидроксилации слюды в присутствии связующего – легкоплавкого стекла. Последние годы ознаменовались созданием новых композиционных материалов. Одним из перспективных направлений является использование композиций на основе слюды и легкоплавкого стекла. Технологический процесс предусматривает высокотемпературный нагрев смеси, в результате которого слюда, утрачивая воду, превращается в дегидроксилат. Ранее нами были проведены исследования по дегидроксилации чистых слюд, установлен механизм дегидроксилации, определены кинетические характеристики дегидроксилации. В данной статье изучен процесс дегидроксилации в системе слюда – стекло, методом термодинамических, квантово-химических и экспериментальных исследований. Объектами исследования являлись смеси диоктаэдрических и триоктаэдрических слюд (мусковит и флогопит) различных месторождений и легкоплавкого стекла. Установлено, что наличие стекла снижает температурный интервал дегидроксилации слюд и ускоряет процесс. Экспериментально найдены кинетические характеристики процесса дегидроксилации слюд в системах «слюда – стекло.

Ключевые слова: слюдосодержащие композиционные материалы, дегидроксилация слюд, кинетические характеристики, коэффициент диффузии, энергия активации, константа скорости

# MICAS DEHYDROXYLATION IN THE «MICA – GLAS» SYSTEM Shishelova T.I., Leonova N.V.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: anleonova@mail.ru

The work purpose: study of the process dehydroxylation mica in the presence of the binder – easy going-who glass. Recent years have seen the creation of new composite materials. One of the promising directions is the use of compositions based on mica and is easily fusible glass. The production process includes high-temperature heating of a mixture of mica and glass. As a result of which the mica loses water turns into dehydroxylated. Previously we have conducted studies dehydroxylation pure micas, the mechanism dehydroxylation determined kinetic characteristics dehydroxylation. In this article, the process dehydro-silali in the system mica – glass, by the method of thermodynamic, quantum – chemical and experimental studies. The objects of the study were mixtures of dioctahedral and trioctahedral-ing of micas (Muscovite and phlogopite) various fields and easy smooth glass. Established that the presence of the glass reduces the temperature range dehydroxylated micas and speed up the process. The pilot found kinetic characteristics of the process dehydroxylated micas in the system mica – glass.

Keywords: mica-containing composite materials, dehydroxylated micas, kinetic characteristics, diffusion coefficient, activation energy, rate constant

Интенсификация процессов в промышленности, энергетике, электротехнике и других отраслях привела к созданию новых композиционных материалов с улучшенными техническими характеристиками. Значительный интерес представляют материалы на основе силикатов и других тугоплавких неметаллических соединений, в частности, композиты на основе слюды и специальных стекол [1, 2, 4, 8, 12]. Особое место в этом ряду занимает микалекс - композиционный материал, получаемый методом горячего прессования из природной слюды или ее отходов и легкоплавкого стекла [9]. При изготовлении композита тонко измельченную смесь из слюды и стекла подвергают высокотемпературному нагреву, при котором происходит дегидроксилация слюды. Раннее на основании применения термодинамических, квантово-химических и экспериментальных методов исследования нами получены новые результаты по

процессам дегидратации и дегидроксилации слюд [3, 5–14]. Определено, что вода выходит из слюды вследствие нагрева в несколько этапов: сначала выходит примесная вода, затем межслоевая (процесс дегидратации и начало дегидроксилации), при дальнейшем увеличении температуры происходит дегидроксилация. Было установлено:

- процесс дегидроксилации мусковита включает три последовательных этапа: изомерные перегруппировки в гексагональной области, связанные с переходом гидроксильных ионов в позиции цис-транс или цис-цис ориентации; протонирование; миграция образовавшейся воды в межслоевое пространство [14];
- лимитирующей стадией процесса дегидроксилации является либо диффузия молекул воды в межслоевом пространстве (Арябиловский и Каталахский флогопиты), либо перестройка гидроксильных ионов с образованием воды (Ковдорский флогопит

и мусковит). Определены кинетические параметры процесса дегидроксилации для мусковита и флогопита (константа скорости, энергия активации, коэффициент диффузии воды в межслоевом пространстве) при температуре 700–900 °C [11].

Исследование дегидроксилации в системе «слюда – стекло» при повышенных температурах представляет большой практический и научный интерес, поскольку получение композиционных материалов с заданными свойствами возможно на основе четких и явных представлений о механизме межфазовых взаимодействий в системе «слюда – стекло», которые начинаются с процесса дегидроксилации слюды в данной системе.

Следует отметить, что появление новых фаз в продуктах спекания композита следует рассматривать как результат вза-имодействия со стеклом не исходной слюды, а ее дегидроксилата, поэтому изучение дегидроксилации слюды в системе «слюда — стекло» актуально. Интересно также выяснить вопрос, в какой степени наличие стекла в исходной смеси оказывает влияние на скорость дегидроксилации.

В связи с этим были проведены опыты по дегидроксилации слюд в различных стеклах. Опыты проводили при тех же условиях, что и с чистой слюдой, приведенных нами ранее [11, 12]. Навеска смеси слюды и стекла в весовом процентном соотношении 60:40 составляла 500 мг.

Требование к стеклу для композиционного материала: оно должно хорошо смачивать слюду, быть устойчивым к фазовым переходам в интервале температур формирования композита, иметь хорошие электрофизические свойства и быть устойчивым к воде. Нами разработаны специальные составы стекол 203, 15, 35, химические составы которых приведены в табл. 1 [8]. Все указанные стекла обладают хорошей адгезией к мусковиту и флогопиту. Стекла 15 и 35 обладают более высокими температурой размягчения, химической стойкостью, диэлектрическими и механическими свойствами, чем стекло 203.

Предварительными опытами установлено, что потери массы стекол в стационарном режиме не превышают 0,05%. Таким образом, можно считать, что потери массы в смеси обусловлены дегидроксилацией слюды. Условия проведения эксперимента (скорость нагрева, чувственность весов, крупность слюды) соблюдались такими же,

как при исследовании чистых слюд. Изотермическая кинетика дегидроксилации слюд в среде размягченного стекла исследовалась в интервале температур 600–1000 °С. Образцами служили смеси слюд (мусковита, Ковдорского и Арябиловского флогопитов) со стеклами. Прогрев смесей в стационарном режиме — 60 минут, время прогрева до станционного режима в зависимости от температуры составляло 30–40 минут. Результаты представлены в табл. 2.

Из сравнения данных табл. 2 видно, что наличие стекла в исходной смеси влияет на процесс дегидроксилации слюды, значительно интенсифицируя его. Мусковит интенсивнее всего дегидроксилирует в стеклах 203 и 15, а Арябиловский флогопит — в стекле 35.

Для исследованных систем «мусковит — стекло» кривая Аррениуса имеет линейный характер, что свидетельствует о том, что процесс дегидроксилации в исследованном температурном интервале протекает по одному и тому же механизму. Аналогичные исследования были проведены для системы «флогопит — стекло». В смесях с 203 и 15 стеклами кривая Аррениуса имеет излом, что свидетельствует об изменении режима удаления воды: при различных температурах меняется лимитирующая стадия процесса.

Исследования газовыделения из смесей показали, что, как и в случае чистых слюд, зависимость изменения массы во времени имеет криволинейный характер и хорошо описывается уравнением диффузионной кинетики (1) [11].

$$\frac{d\left[\mathrm{H}_{2}\mathrm{O}\right]}{d\tau} = D \cdot S \cdot \frac{\Delta\left[\mathrm{H}_{2}\mathrm{O}\right]}{\delta},\tag{1}$$

где  $\frac{d\left[\mathrm{H_{2}O}\right]}{d\mathrm{t}}$  – скорость удаления воды;

D — коэффициент диффузии воды в межслоевом пространстве; S — суммарная поверхность, образованная межслоевым пространством и периферийными размерами

частичек слюды;  $\frac{\Delta[H_2O]}{\delta}$  — градиент концентрации воды в центре частички слюды и на ее периферии.

Кинетическое уравнение имеет вид

$$\left[\mathbf{H}_2 \mathbf{O}\right]^2 = k_c \cdot \mathbf{\tau},\tag{2}$$

где k — константа скорости дегидроксилации. Анализ этого уравнения позволяет считать, что процесс дегидроксилации слюды описывается уравнением нестационарной диффузии.

Таблица 1

Химический состав стекол

Стекла		Химический состав стекол, масс. %									
	SiO <sub>2</sub>	$Al_2O_3$	$B_2O_3$	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	BaO	ZnO	CaF <sub>2</sub>	CaO	MgO	$P_2O_5$
203	20,5	4,0	23,0	8,0	12,2	14,0	10,0	8,3	_	_	_
15	20,0	20,0	25,0	6,0	9,0	_	_	_	_	_	20,0
35	20,8	20,8	26,0	6,3	9,3	4,2	4,2	_	4,2	4,2	_

 Таблица 2

 Потери массы при дегидроксилации различных слюд в смесях со стеклами

Слюда	Потери массы в стационарном режиме, % (при температуре, °C)						
	600	700	800	900	1000		
Мусковит	0,42	0,92	2,64	_	_		
Мусковит + стекло 203	0,79	2,11	3,70	_	_		
Мусковит + стекло 15	0,77	1,57	2,77	_	_		
Мусковит + стекло 35	0,50	1,10	2,27	_	_		
Флогопит Ковдор	_	0,14	0,32	0,54	1,30		
Флогопит Ковдор + стекло 203	_	0,73	0,90	1,97	3,42		
Флогопит Ковдор + стекло 35	_	1,27	1,13	2,17	4,17		
Флогопит Арябиловский	_	0,16	0,18	0,26	1,4		
Флогопит Арябиловский + стекло 203	_	0,53	0,60	1,07	1,52		
Флогопит Арябиловский + стекло 35	_	0,80	1,00	1,46	1,56		

 Таблица 3

 Значение параметров процесса дегидроксилации мусковита с различными стеклами

Характеристика	Мусковит	Мусковит + Стекло		
		203	15	35
Константа скорости, мг <sup>2</sup> /мин: при 600°С при 700°С при 800°С	0,051 0,317 1,285	0,183 0,737 2,288	0,119 0,438 1,259	0,073 0,259 0,724
Коэффициент диффузии, м²/с×109: при 600°С при 700°С при 800°С	18,70 37,65 46,98	11,10 63,40 253,60	6,76 32,00 124,10	3,48 14,94 78,70
Энергия активации, кДж/моль:	122,0	134,0	118,0	120,0

При обработке кинетических кривых дегидроксилации мусковитовых смесей с использованием уравнения (2) получены результаты, представленные в табл. 3, которые позволяют определить экспериментальную величину константы скорости дегидроксилации слюды в размягченном стекле при различных температурах.

По рассчитанным значениям констант скоростей из уравнения Аррениуса определена эффективная энергия активации процесса и экспериментально найденный коэффициент диффузии:

$$k_c = A \cdot e^{-E/RT}. \tag{3}$$

Наблюдаемый коэффициент диффузии воды равен

$$D = \frac{K \cdot k_c}{2S \left[ H_2 O \right]_0},\tag{4}$$

принимая толщину пакета  $10^{-10}$  м, величину межслоевого промежутка  $\sim 0,2\times 10^{-10}$  м, плотность слюды  $\rho=280$  кг/м³ и геометрические размеры частиц, можно определить площадь S, через которую происходит диффузия воды. Для навески 0,5 г она равна  $6,2\times 10^{-4}$  м². Зная общий объем диффузионной зоны, можно оценить  $[H_2O]_0$  при определенной температуре.

	_				
Характеристика	Арябиловский флогопит	Арябиловский флогопит + стекло		Ковдорский флогопит	Ковдорский флогопит +
		203	35		+ стекло 203
Коэффициент диффузии, м <sup>2</sup> /с×10 <sup>9</sup> :					
при 700°C	8,38	36,55	167,0	0,47	7,2
при 800°C	14,57	96,1	290,2	2,62	10,0
при 900°C	22,06	303,9	635,0	8,69	32,6
Энергия активации, кДж/моль:					
700–800°C	5,25	88,0	58,5	139,0	109,5
800–900°C	92,0	88,0	69,0	139,0	37,8

 Таблица 4

 Значение параметров процесса дегидроксилации флогопитов с различными стеклами

Из табл. 3 следует, что стекла 203 и 15 в значительной степени повышают скорость удаления воды из мусковита. Близость значений энергии активации как для чистой слюды, 122 кДж/моль, так и для систем «слюда – стекло», 118–134 кДж/моль, свидетельствует о том, что стекла не меняют лимитирующей стадии процесса. Процесс протекает в диффузионном режиме.

В табл. 4 представлены экспериментально найденные значения коэффициентов диффузии и энергии активации процесса дегидроксилации флогопитов с различными стеклами. В присутствии стекол значительно возрастает коэффициент диффузии воды у флогопитов: для стекла 203 примерно в 5 раз, для стекла 35 – в 20 раз. Инертность Арябиловского флогопита к 203 стеклу, содержащему фтор, обусловлена, вероятно, близким содержанием фтора в слюде и стекле. Диффузии фтора между слюдой и стеклом не происходит. Более активно этот флогопит взаимодействует со стеклом 35, не содержащим фтор.

Значительно возросло значение энергии активации для Арябиловского флогопита при температурах до 800 °C в присутствии всех стекол (примерно в 10 раз). Этот факт свидетельствует об изменении механизма выделения воды. В чистой слюде при этих температурах выделяется в основном молекулярная вода. При температурах выше 800°С начинается разложение дегидроксилата и образование новых фаз [11]. В присутствии связующего выделение молекулярной воды завершается до 700°C и во всем исследуемом интервале наблюдается дегидроксилация. Значения энергий активации близки, но в среде 35 стекла несколько ниже. Уменьшение энергии активации дегидроксилации Арябиловского флогопита в размягченном стекле обусловлено диффузией продуктов распада слюды в размягченное стекло, более активной в системе «Арябиловский флогопит – стекло 35».

Дегидроксилация Ковдорского флогопита в присутствии стекла характеризуется энергией активации, более низкой, чем для чистой слюды, в особенности в интервале температур 800–900°С.

Таким образом, общие закономерности процесса дегидроксилации, характерные для чистых слюд, наблюдаются и в присутствии стекла. Однако имеют место и существенные отличия, заключающиеся в смещении температурных интервалов и максимумов эффектов дегидроксилации слюд в низкотемпературную область, а также снижение энергий активации, что может быть объяснено разложением дегидроксилата и взаимодействием продуктов разложения с компонентами стекла.

В присутствии размягченного стекла слюдяные частицы адгезионно связываются с ним по поверхности и частично растворяются с торцевых кромок. Это приводит к уменьшению размеров частичек слюды и формированию переходной зоны между слюдой и стеклом переменного состава, дополнительному расслоению частичек слюды силами адгезии.

Энергия активации дегидроксилации слюд в агрессивной среде размягченного стекла уменьшается вследствие разложения дегидроксилата и облегчения диффузии за счет уменьшения размеров частиц и их расслоения размягченным стеклом, за счет диффузии из стекла в слюду ионов с малыми радиусами Ва<sup>2+</sup> (0,138 нм), Са<sup>2+</sup> (0,104 нм), Na<sup>+</sup> (0,098 нм), взаимодействующих с гидроксилами и облегчающими их выход из октаэдров. Кроме того, из слюды в стекло диффундируют кристаллики новых фаз, продуктов разложения дегидроксилата, которые в чистой слюде замедляют дегидроксилацию. Присутствие стекла, та-

ким образом, интенсифицирует структурное газовыделение.

Формирование переходного слоя определяет механические свойства получаемого композита. Протяженная диффузионная зона с зернами кристаллических фаз в ней цементирует материал, упрочняя его. Влияние различных стекол на процессы в слюдах неоднозначно: в мусковитовом микалексе сильнее влияние 203 стекла, во флогопитовых – 35. Диффузия продуктов распада дегидроксилата в стекло тем интенсивнее, чем выше градиент концентрации элементов, составляющих вновь образующиеся фазы при переходе из слюды в стекло. Так, в мусковитовом микалексе процессы интенсифицируются в большей степени стеклом 203 с низким содержанием алюминия (табл. 1) в виду того, что в стекло диффундируют содержащие алюминий компоненты с образованием санидина, силлиманита, лейцита. В структурное газовыделение из флогопита вносит вклад также диффузия фтора, поэтому фторсодержащее стекло 203 в меньшей степени интенсифицирует процессы во флогопитах, особенно наглядно это видно на примере высокофтористого природного Арябиловского флогопита.

Таким образом:

- Впервые изучена дегидроксилация слюд в системе «слюда – стекло».
- Установлено, что стекла значительно ускоряют процесс дегидроксилации.
- Найдены экспериментальные значения константы скорости, энергии активации процесса дегидроксилации и коэффициенты диффузии для этих систем.
- ◆ Для мусковитовых систем стекла практически не меняют лимитирующую стадию процесса дегидроксилации. Для флогопитовых систем процесс переходит из диффузионного режима в кинетический. В интервале температур 700–800°С происходит удаление воды в диффузионном режиме. Выше 800°С режим переходит в кинетический. Лимитирующей стадией является разрыв химических связей гидроксильных ионов, начинается процесс разложения дегидроксилата и удаление химически связанной воды.
- Результаты исследования дегидроксилации слюды в системе «слюда стекло» могут служить основанием для выявления общих закономерностей в формировании композитов, включающих последовательно стадии: дегидратация, дегидроксилация с образованием дегидроксилата и разложение дегидроксилата с последующим взаимодействием продуктов разложения с ком-

понентами стекла. Этот процесс можно представить так:

#### мусковит

дегидроксилация:

$${
m KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2} 
ightarrow {
m KAl_3Si_3O_{10}} 
ightarrow O + {
m H_2O}$$
 мусковит дегидроксилат вод. пар

разложение дегидроксилата:

$$KAl_3Si_3O_{10}\cdot O \rightarrow KAlSi_3O_8 + Al_2O_3$$
 дегидроксилат санидин оксид алюминия 
$$\underline{\Phi}$$
логопит

дегидроксилация:

$$\mathrm{KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2} \rightarrow \mathrm{KMg_3AlSi_3O_{10}} \cdot \mathrm{O} + \mathrm{H_2O}$$
 флогопит дегидроксилат вод. пар

$${
m KMg_3AlSi_3O_{10}\cdot O} 
ightarrow {
m KAlSi_3O_8} + 3{
m MgO}$$
 дегидроксилат санидин оксид магния

#### Список литературы

- 1. Авдейчик С.В., Лиопо В.А., Струк В.А. Полимер силикатные машиностроительные материалы: физикохимия, технология, применение. Минск «Технология»,  $2007.-431~\mathrm{c}.$
- 2. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высш. шк., 1988.-400 с.
- 3. Кнорре Д.Г., Крылова Л.Ф. Физическая химия. М.: Высш. шк., 1990. 405 с.
- 4. Мецик М.С. Физика расщепления слюд. Иркутск: В.-С. кн. изд-во, 1967.-208 с.
- 5. Степанов Н.Ф., Пупышев В.Н. Квантовая механика и химия. М.: Изд-во МГУ, 1991. 384 с.
- 6. Сун-Цо-Жен А.С., Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л. Использование метода ИК-спектроскопии для изучения делокализации гидроксильных групп в минералах // Международный журнал экспериментального образования. -2014. -№ 8-2. -C. 96-97.
- 7. Шишелова Т.И. Вода в минералах. Иркутск: Изд-во ИрГТУ,  $2011.-110~{\rm c}.$
- 8. Шишелова Т.И. Слюдосодержащие композиционные материалы: дис. . . . д-ра техн. наук. Ленинград, 1990. 350 с.
- 9. Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л. Механизм дегидроксилации минералов с позиций квантовой механики // Фундаментальные исследования. -2015. № 6–2. C. 311–315.
- 10. Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л. Квантово-механический расчет дегидроксилации минералов. // Успехи современного естествознания. -2015. -№ 12 C. 177–184.
- 11. Шишелова Т.И., Леонова Н.В. Кинетические параметры процесса дегидроксилации слюд. // Успехи современного естествознания. -2016. -№ 11–2. -C. 281–285.
- 12. Шишелова Т.И., Шульга В.В. Физико-химические основы производства композитных материалов на основе слюд. // Фундаментальные исследования. -2016.-N2 -3-3-C.538-541.
- 13. Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л. Термодинамика процесса дегидроксилации слюд // Фундаментальные исследования. -2016. -№ 11-2. -C. 333-338.
- 14. Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л., Шульга В.В. Квантово-химические исследования процесса дегидроксилации слюд // Журнал Сибирского ФедеральногоУниверситета. 2016. С. 1097—1103.

УДК 633.11:631.527

#### МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В КАЗАХСТАНЕ

<sup>1</sup>Жангазиев А.С., <sup>1</sup>Нурбеков С.И., <sup>1</sup>Тайчибеков А.У., <sup>2</sup>Торегелдиева Р.Т.

<sup>1</sup>Таразский государственный педагогический институт, Tapas, e-mail: adl42@mail.ru; <sup>2</sup>ТарГУ им. М.Х. Дулати, Tapas, e-mail: rimm 1205@mail.ru

Анализ успехов селекционной работы, достигнутых за последние три десятилетия прошлого века, показывает, что улучшение современных сортов пшеницы и других культур получено на основе широкого привлечения разного экологического исходного материала коллекции ВИР. Основу для создания новых сортов растений составляет их генетическая изменчивость. Улучшение отечественного сорта возможно только зная закономерности наследования отдельных признаков (за счет тех изменений, которые передаются по наследству), селекционер может по своему желанию сочетать их путем скрещивания. Источником наследственной изменчивости служат мутации (генные, хромосомные, геномные) и рекомбинации генов и хромосом. В отделе селекции озимой пшеницы КазНИИЗиР при создании новых сортов пшеницы широко используют комбинации, аллельные генов короткостебельных сортов и мутанты из Мировой коллекции Н.И. Вавилова (ВИР), особенно хорошо апробированные сорта мутантных сортов из Украины и России. Повышение продуктивности сортов возможно только за счет тех признаков, которые передаются по наследству. Источником наследственной изменчивости служат рекомбинации генов и хромосом, а также и мутации (генные, хромосомные, геномные и полиплоидия). Огромное разнообразие гибридного материала, созданного путем гибридизации, ставит перед селекционером задачу выявления среди них наиболее ценных сочетаний (комбинаций) для селекции по повышению их урожайности. В данной статье приводятся результаты селекционной работы по созданию высокоурожайных, короткостебельных сортов озимой мягкой пшеницы Казахстанской селекции интенсивного типа. Были использованы признаки «генов» короткостебельности (rht., rht., rht., copтов Краснодарской и Украинской селекции: Безостая 1 и их мутанты, Карлик 1, Прогресс, Полукарлик и др. На основе этих генов-источников сортов, методом беккросса были созданы высокоурожайные, короткостебельные сорта озимой мягкой пшеницы: Алмалы, Арап, Майра и Алия. Испытания, проведенные в 2010-2012 гг. в Жамбылском сортоучастии, выявили высокую урожайность сорта Алмалы по сравнению с другими районированными сортами озимой пшеницы.

Ключевые слова: озимая пшеница, селекция, короткостебельные сорта, внутривидовая, межвидовая гибридизация, изменчивость, отбор, испытания

# METHODS AND RESULTS OF BREEDING WORK ON CREATING SHORT WINTER SOFT WHEAT KAZAKHSTAN

#### <sup>1</sup>Zhangaziev A.S., <sup>1</sup>Nurbekov S.I., <sup>1</sup>Taichibekov A.U., <sup>2</sup>Toregeldieva R.T.

<sup>1</sup>Taraz State Pedagogical Institute, Taraz, e-mail: adl42@mail.ru; <sup>2</sup>Taraz State University after M.Kh. Dulati, Taraz, e-mail: rimm 1205@mail.ru

Analysis of breeding achievements over the past three decade last century shows that the improvement of modern varieties of wheat and other crops received broad-based involvement of different ecological source material VIR collection. The basis for the creation of new varieties of plants make up their genetic variability. Improving domestic varieties, is possible only knowing the patterns of inheritance of certain traits (due to the changes that are inherited), the breeder can combine at will by crossing them. The source of genetic variation are mutations (gene, chromosome, genome) and recombination of genes and chromosomes. In winter wheat breeding department KazNIIZiR create new wheat varieties are widely used combinations of alleles of the short varieties and mutants of the world collection of N.I. Vavilov (VIR), is particularly well-tested varieties and mutant varieties of Ukraine and Russia. Increased productivity varieties can only be due to those traits that are passed on to offspring. The source of genetic variation are the recombination of genes and chromosomes, as well as mutations (gene, chromosomal, genomic and polyploidy) A huge variety of hybrid material created by hybridization, poses breeder task to identify among them the most valuable combinations (combinations) for selection to improve their productivity. This article presents the results of breeding work on the creation of high-yielding, short-stemmed varieties of winter wheat breeding Kazakhstan intensive type. signs of «genes» of the short (rht1, rht2, rht3) varieties Krasnodar and Ukrainian breeding were used:. Bezostaya 1 and their mutants, dwarf 1, Progress Polukarlik, etc. On the basis of these genes-source varieties by backcrossing were created high-yielding, short stature winter wheat varieties Almaly, Arap, Myra and Alia. Tests carried out in 2010–2012. in Zhambyl sortouchaste revealed high yield varieties Almaly compared to other recognized varieties of winter wheat.

Keywords: winter wheat, breeding, short-stemmed varieties, intraspecific, interspecific hybridization, variability, selection, tests

Повышение продуктивности сортов является одной из основных проблем селекции. Основу создания новых сортов составляет их изменчивость. Повышения продуктивности сортов возможно только за

счет тех признаков, которые передаются по наследству. Источником этой наследственной изменчивости служат рекомбинации генов и хромосом, а также и мутации (генные, хромосомные, геномные и полиплои-

дия). Огромное разнообразие гибридного материала, созданного путем гибридизации, ставит перед селекционером задачу выявления среди них наиболее ценных сочетаний (комбинаций) для селекции на продуктивность.

Успех комбинационной и трансгрессивной селекции в значительной степени зависит от удачного подбора родительских пар для гибридизации. «Подбор – это вершина селекции, наиболее творческая ее часть», однако, несмотря на результаты многих генетических исследований, вопрос о подборе пар скрещивания разработан недостаточно. По данным авторов А.М. Васильевой, Н.П. Фоменко и А.А. Жученко [1, 3], продуктивность озимой пшеницы зависит от многих факторов, в том числе от подбора родительских пар для скрещивания, которые основываются на различных концепциях:

- подбор пар на основе эколого-географических различий;
- подбор пар на основе элементов структуры урожая;
- подбор пар на основе разной устойчивости к болезням и вредителям и др.

На основании многолетних селекционно-генетических исследований авторов [2, 6, 8] отмечена зависимость урожайности и качества зерна мягкой пшеницы от фотосинтетической продуктивности растений высокорослых и низкорослых сортов озимой пшеницы и погодных условий. Маркелова Т.С. на основе знания генетической структуры признаков родительских форм, по которым ведется селекция пшеницы, в своей концепции отметила основные направления по селекции на устойчивость к болезням [5]. В настоящее время районированные и перспективные сорта озимой мягкой пшеницы имеют ряд недостатков в отдельных или комплексе ценных признаков и свойств по сравнению с другими сортами или видами пшеницы (восприимчивостью к видам ржавчины, септориозу, к головным болезням - твердой головне, слабой морозо- и зимостойкостью, полегаемостью, низким содержанием белка, меньшей пластичностью к экстремальной среде и др.) и требуют значительной доработки.

**Целью исследований** является создание более высокопродуктивных, высококачественных, устойчивых к болезням и вредителям, к полеганию сортов озимой мягкой пшеницы, особенно в условиях поливного земледелия. В задачу исследования входило создание высоурожайных, короткостебельных сортов озимой пшеницы интен-

сивного типа, были использованы признаки гена-источника короткостебельностью ( $\mathrm{rht}_1$ ,  $\mathrm{rht}_2$ ,  $\mathrm{rht}_3$ ) сорта Краснодарской и Украинской селекции: Безоста1 и их мутанты.

#### Материалы и методы исследований

Исследования проводили с 1991 по 2010 гг. на полях поливного стационара КазНИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) в шестипольных селекционно-семеноводческих севооборотах (озимая пшеница, люцерна трехлетняя, яровая пшеница, соя), расположенного в предгорной зоне Заилийского Алатау, на высоте 650–750 метров над уровнем моря. С 2010–2012 гг. экспериментальная работа продолжена в Таразском государственном педагогическом институте (с. Бесагаш, опытный участок).

Зона исследований характеризуется резко континентальным климатом с большими суточными и годовыми колебаниями температуры воздуха (от 12 °C до 30 °C), неодинаковой по годам и сезонам суммой осадков (от 250 до 650 мм). Годовая среднемноголетняя сумма осадков 410 мм, из них на весну приходится 40 %, лето – 24 %, осень – 18 % и зиму – 19 %. Почвенный покров опытного участка представлен предгорными светло-каштановыми, среднесуглинистыми почвами. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 0,9–3,0 %, общего азота – 0,15 % фосфора – 0,21 %.

Наиболее неблагоприятные (засушливые, жаркие) погодные условия для озимой мягкой пшеницы наблюдались в 1991, 1995, 1997, 2001 годах. В эти годы в начальный весенний период вегетации растений (март, апрель, май) выпали осадки от 50 до 80 мм, в сравнении со среднемноголетними значениями – 170 мм, или на 90–120 мм меньше осадков, чем среднемноголетние, а среднемесячная температура была на 2–4 °С выше, чем среднемноголетняя.

Основным методом получения гибридного материала остается внутривидовая и межвидовая гибридизация с местными сортами и лучшими сортами зарубежной селекции. В качестве исходного материала используют в основном сорта озимой пшеницы отечественной селекции, обладающие донорными качествами с комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств: Сапалы, Наз, Нуреке, Карасай, Майра, Расад, Жалын, Карлыгаш, Южная-12, Жетысу, Прогресс, Безостая 1, и др. [4].

## Результаты исследования и их обсуждение

При индивидуальном отборе и оценке линий нами был использован метод колоскового посева — «квадратно-гнездового». Известно, что продуктивность (кустистость) в значительной степени обуславливается числом зерен на одно растение. При большой кустистости, благодаря увеличению числа плодоносящих стеблей, будет и большее число зерен на одно растение. Коэффициент корреляции между кустистостью и числом зерен на растении равен  $r = \pm 0.75 \pm 0.8$ . По данным авторов Р.А. Уразалиева, С.И. Нурбекова [7], была установлена положительная корреляция

между продуктивной кустистостью, озерненностью колоса и урожаем.

В этой связи при отборе линий гибридов в условиях предгорной зоны, обеспеченной осадками богары, особое внимание уделяется повышению продуктивности колоса и кустистости растений, их составляющим элементам продуктивности, т.е. растения (или куста) с хорошим выровненным и крупными цилиндрическими, цилиндрически-веретеновидными колосьями, сравнительно средней, средне-низкой прочной соломинкой, слабо поражающейся видами болезней и вредителями, с положительной корреляционной связью между массой зерен с колоса и урожаем зерна. В описании и оценке селекционного материала озимой пшеницы на основе морфофизиологических признаков использовали цифровой модифицированный метод по международному «классификатору» СЭВ, при котором оценка, отбор осуществлялись кодом. Для кодирования значения признаков использовались цифры от 1 до 9 (8-9 - наивысший показатель признака, 1-3 наименьшие показатели признака).

С учетом вышеуказанных параметров морфо-физиологических признаков, их особенностей поливного и неполивного агро-экотипа отбор гибридных линий проводили в  $F_2$ - $F_8$ , и последующую всестороннюю оценку линий в гибридных питомниках с 2 до 8 года потомств. Результаты отбора из гибридных популяций  $F_2$ - $F_8$  от внутривидовых и межвидовых скрещиваний и оценка их линий и испытаний на продуктивность в питомниках (СП-1, КП, КСИ) станционного испытания, полученные результаты приводятся в табл. 1.

На последнем этапе селекционного процесса проводили испытания перспективных линий ( $F_6$ - $F_8$ ) в питомниках контрольного (КП), предварительного (ПСИ) и конкурс-

ного сортоиспытания (КСИ) на продуктивность, полегаемость, зимостойкость, устойчивость к видам болезней, мукомольно-хлебопекарные качества зерна. Кроме того, проводили экологическое сортоиспытание выделившихся линий в 2 областях республики (Алматинской и Жамбылской). Всего в КП изучено 6826, в предварительном — 2318 и конкурсном сортоиспытании 1235 линий, в завершающим этапе (интенсивность отбора составила до 40%). Большая часть линий КСИ (60%) была выбракована из-за низкой урожайности, полегаемости, восприимчивости к видам болезней и низкого качества зерна.

За период селекционной работы по комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств было выделено и переданы на Государственное сортоиспытание более 22 перспективных линий, из которых на государственное сортоиспытание передано 15 линий, из них в разное время 9 сортов были районированы в южных зонах Казахстана и Средней Азии (Алмалы – 2003, Арап – 2004, Майра – 2002, Таза – 2002, Алия и Нуреке – 2007, Фараби и Расад – 2011). Два сорта (Арап и Алия) допущены к использованию в республике Кыргызстан.

Алмалы. Сорт выведен методом внутривидовой гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной популяции – Болгарского сора Элатия (К-5043, ВИР) с сортом Безостая-1. В дальней родословной участвует короткостебельный итальянский сорт Ардито, в свою очередь полученный от скрещивания европейской мягкой пшеницы с низкорослым японским синтетическим сортом Якогуми, имеющим в генотипе ген карликовости (rht, rht,), разnigri-erytrospermum. Сущеновидность ственной биологической особенностью сорта является его комплексная(полевая) устойчивость к листостебельным болезням.

Таблица 1 Результаты отбора внутри межвидовых популяций (F2-F8) и испытания их линий на продуктивность в СП-1, КП, КСИ (1991–2010 гг.)

Годы испытаний	Изучен гибрид	Оценка, отбор линий			V	Испытания линий на урожайность			ность
	популяции	Изучено	Отобрано	%	КП	%	КСИ	% отбора	Всего
				отбора		отбора		_	выделено
1991–1995	1020	91400	2494	2,7	1556	60,0	330	36,5	7
1996 –2000	1683	67010	5700	8,5	1997	35,0	275	36,0	8
2001–2005	3200	49165	3536	7,2	1387	39,0	330	50,0	7
2006–2010	1350	80200	4000	5,0	1886	55,0	300	30,0	6
За 20 лет	7253	287775	15730	5,5	6826	46,0	1235	41,0	28

Сорт высокоурожайный. В благоприятных условиях урожайность зерна достигает до 70-80 ц/га. За годы конкурсного испытания (1994–1996 гг.) средняя урожайность сорта Алмалы составила 63-72 ц/ га, т.е. в условиях полива новый сорт превысил стандартный сорт Жетысу и Безостая в среднем за три года на 5,8-8,0 ц/ га. За годы Государственного испытания (1999–2003 гг.) на 17 сортоучастках из 19 по урожайности сорт Алмалы занял первое место и стабильно превосходил сортастандарты: Стекловидная-24, Безостая-1, Одесская-120, Жетысу, Южная-12, Богарная-56. Сорт Алмалы с 2002 года допущен к использованию в Алматинской, а с 2003 года в Жамбылской, Южно-Казахстанской и Кызылординской областях Казахстана, перспективен в странах Центральной Азии.

Арап (8423-15). Новый сорт озимой мягкой пшеницы «Арап улучшенный» выведен методом межвидового скрещивания из бэккроссных комбинаций 6997 (Безостая1×Т. durum)×Безосая-1. Разновидность эритроспермум.

На стационарах «КазНИИЗ и Р» при орошении формировал урожай в среднем за 3 года 70,0 ц/га, превысив стандарт Прогресс на 16,0 ц/га, Жетысу – на 2,0 ц/га, а сорт Алмалы – на 1,6 ц/га. Сорт отличается сравнительно полевой устойчивостью (толерантность) к желтой и бурой ржавчине и септориозу. Сорт Арап в 2002–2004 гг. испытывался в 7 областях Кыргызстана: на поливе и на богаре и на 4 сортоучастках при орошении. Потенциальная продуктивность сорта – 89,0 ц/га получена в 2004 году при возделывании его на орошаемых сортоучастках Ак-Суйская ГСИС Чуйской области. Допущен к использованию в Республике Кыргызстан с 2004 года.

Майра (8423-15-33). Сорт выведен методом межвидового скрещивания и последующего двукратного индивидуального отбора из Беккроссных комбинаций Г-6967 (Безостая 1\*8735 durum)\*Безостая 1. Разновидность – эритроспермум. В неблагоприятных погодных условиях (2001-2003 гг.) его урожайность в среднем за три года составила 53,1 ц/ га (с колебаниями от 43,5 до 61,0 ц/га), или больше стандарта на 13,1 ц/га. В зоне его районирования в Кызылординской области, на Жанакорганском ГСУ в среднем за три года (2005–2007 гг.) урожайность нового сорта составила 31,2 ц/га, что на 14,0 ц/га больше, чем у сорта Наз и на 7,0 ц/га больше чем, у сорта Безостая-1. Сорт Майра допущен к использованию в Кызылординской области с 2009 г.

Алия. Сорт выведен методом внутривидового скрещивания из гибридной популяции сорта Прогресс и селекционной линии 2440-48-194. Ген низкорослости сорта Прогресс (rht<sub>1</sub>, rht<sub>2</sub>, rht<sub>3</sub>), полученный через полукарликовую мутантную линию Краснодарский карлик, передался низкорослому, устойчивому к полеганию сорту Алие. Новый сорт относится к южной предгорностепной агроэкологической группе. Разновидность эритроспермум. В среднем урожайность нового сорта (1999–2001 гг.) составила 66,2 ц/га, что выше, чем у стандарта Жетысу на 8,3 ц/га. По Алматинской области урожайность нового сорта в среднем за годы испытания составил 55,6 ц/га (на 3,6 ц/га больше чем у стандарта). На Чиликском комплексном сортоучастке урожай зерна за три года был 45 ц/га (на 4 ц/га больше, чем у стандарта Стекловидная-24). Сорт допущен к использованию в Алматинской области.

Хозяйственно-биологическая характеристика нового сорта Алмалы. Сорт относится к Среднеазиатской группе пшеницы. Сорт среднеспелый, вегетационный период 250-280 дней. Зимостойкость в условиях юга и юго-востока Казахстана высокая (92–98%), а также высокая засухоустойчивость. Высота растений от 85 до 115 см, устойчив к полеганию. Сорт высокоурожайный. В благоприятных условиях урожайность зерна достигает до 70-80 ц/га. Анализ данных свидетельствует о том, что высокая урожайность сорта Алмалы обусловлена за счет более продуктивной кустистости (2,5) по сравнению с сортами Безостая 1 (2,2) и Стекловидная 24 (2,3) (табл. 2).

Одним из отличительных признаков сорта Алмалы от других сортов является черная окраска остей, которая не всегда явно проявляется в зависимости от погодно-климатических условий, района его возделывания. Она может меняться от черно-коричневого, сыро-дымчатого до соломенно-желтого цвета.

Существенной биологической особенностью сорта является его комплексная устойчивость к листостебельным болезням. В Жамбылской области (II–IV зоне) сорт Алмалы испытывался на 4 сортоучастках: два года на Жуалинском (по черному пару), три года на Красногорском по пару и по зерновому предшественнику. Почти на всех сортоучастках Жамбылской области сорт Алмалы превосходил по урожаю зерна районированные стандартные сорта озимой пшеницы: Безостую-1, Богарную-56, Стекловидную-24, соответственно на 3,2–4,4 ц/га (табл. 3).

**Таблица 2** Результаты испытываемых сортов озимой пшеницы на Жамбылском ГСУ-1: Орошаемая зона. Предшественник — зерновые (среднее за 2010, 2011, 2012 гг.)

сорт	Урож	кайность	, ц/га	сред	<b>R</b> RHJ	Macca	Зимостой-	Устойчив
	2010	2011	2012	сорт	+ откл.	1000 з	кость	к болезни
Стекловидная 24	18,6	23,3	13,3	18,3	стан-т	47,5	3,9	4 балл
Безостая 1	15,2	21,0	14,4	16,7	-1,6	46,8	3,9	1
Жетысу	18,3	23,2	11	17,5	-0,8	45,8	3,9	4,4
Алмалы	25,9	20	14,6	20,2	+ 1,9	48,8	4	4,1
	2	. Жуалин	ский ГС	У, богара –	предшест	венник – пар	)	
Стекловидная-24	6,3	12,0	12,4	10,2	0	37,6	3,7	0
Алмалы	7,0	11,6	13,5	10,7	0,5	36,1	3,6	0
Безостая 1	6,7	12,0	10,5	10,1	-0,6	35,2	3,5	0
		3. Жам	былский	і ГСУ – пр	едшествен	ник – пар		
Стекловидная -24	21,4	13,2	14,4	16,3	ст-т	41,1	5	0
Алмалы	21,7	_	28,3	25,0	+7,1	40,8	5	0
4. Саркандский ГСУ – предшественник – пар								
Стекловидная 24	38,8	23,4	52,8	38,3	СТ-Т	47,0	5	0
Алмалы	47,2	25,2	53,4	41,9	+ 3,6	44,1	5	0
Казахстанская 16	_	16,0	44,3	30,2	-11,7	47,0	5	0

Таблица 3 Урожайность сорта Алмалы по разным предшественникам на Жамбылском сортоучастке Жамбылской области (за 2010–2012 гг.)

<b>Урожайности</b> ј	Прибавка				
Сорта	Жамбылский (ГСУ). – предш.	Красногорский (ГСУ) – предш.	Жуалинский (ГСУ) –	Средний урожай, ц/га	урожая, ц/га
	зерновой	зерновой	предш. – пар		
Алмалы	28,5	12,0	17,8	19,4	+ 3,0
Безостая 1	24,2	10,0	14,0	16,0*	-3,4
Богарная 56	22,8	10,2		16,5	-2,9
Южная 12	21,8	9,5	14,1	15,1*	-4,3
Стекловид. 24	22,8	10,7	15.6	16,4*	-3,0

#### Заключение

За годы государственного сортоиспытания (2010–2012 гг.) урожайность сорта Алмалы в среднем на всех сортоучастках Жамбылской область составила 19,4 ц/га и заняла первое место среди сортов озимой пшеницы по урожайности зерна, которые стабильно превышали районированные сорта озимой пшеницы (Стекловидная 24, Богарная 56, Южная 12, Безостая 1) на 3,0 и 4,0 ц/га.

#### Список литературы

- 1. Васильева А.М., Фоменко Н.П. Зерновое хозяйство России. М., 2012. № 1. С. 23–30.
- 2. Ерошенко Ф.В. Фотосинтетическая продуктивность растений высокорослых и низкорослых сортов. Автореферат докт. дис. Ставрополь, 2011.-42 с.

- 3. Жученко А.А. Учебное пособие. «Генетика». М.: «Колос», 2003. 498 с.
- 4. Жангазиев А.С. Селекционно-генетические особенности внутривидовых и межвидовых гибридов и создание сортов озимой пшеницы: дис....д-ра биол. наук. Алмалыбак, 2010. 209 с.
- 5. Маркелова Т.С. Основные направления селекции пшеницы на устойчивость к болезням // Защита и карантин растений. 2011.- N 1.- C. 21–26.
- 6. Защита и карантин растений. М., 2011. № 1. С. 21–23.
- 7. Петрова А.Н. Урожайность и технологические свойства зерна оз. мягкой пшеницы в зависимости от погодных условий 2001–2010 годов в сухостепной зоне Волгоградской области. Волгоград, 2011. № 5. С. 34.
- 8. Уразалиев Р.А., Нурбеков С.И. Корреляция признаков озимой пшеницы различных агроэкотипов // Селекция и генетика пшеницы. – Алма-Ата, 1992. – С. 24–45.
- 9. Фоменко М.А. Селекция озимой мягкой пшеницы в условиях усиления аридности климата на Дону. Автореферат докт. дис. Краснодар, 2015. 45 с.

УДК 57.023:581.1

# ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ И ДИНАМИКА РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

#### Никитин С.Н.

ФГБНУ «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Ульяновск, e-mail: S nikitin@mail.ru

В статье представлен процесс формирования фотосинтетического аппарата яровой пшеницы при применении биологических препаратов. Исследованиями установлено, что интенсивность нарастания листовой поверхности в течение всей вегетации достигала максимальных значений при инокуляции семян бактофосфином в смеси с ЖУСС-2 (жидкий удобрительно-стимулирующий состав) на фоне минеральных удобрений. При применении биопрепаратов интенсивность нарастания фотосинтетического потенциала посевов в течение вегетации яровой пшеницы возрастает за счет увеличения листовой поверхности. На характер формирования листовой поверхности яровой пшеницы минеральные удобрения и биопрепараты оказали непосредственное воздействие. Максимальные величины чистой продуктивности фотосинтеза наблюдались в фазе колошения, т.е. в период наибольшего развития листовой поверхности растений яровой пшеницы. Инокуляция семян способствует увеличению фотосинтетической деятельности растений в посевах и улучшению динамики ростовых процессов. Исследованиями установлено, что на характер формирования листовой поверхности яровой пшеницы минеральные удобрения и биопрепараты оказали непосредственное воздействие. Инокуляция семян биопрепаратами увеличивает данный показатель фотосинтетической деятельности, вероятно, за счет стимулирующего действия микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов, которая начинает проявляться с фазы кущения. Как при применении минеральных удобрений, так и без них, наибольшую площадь листьев имели растения на варианте бактофосфин + ЖУСС. Инокуляция семян способствует увеличению фотосинтетического потенциала посевов в течение вегетации за счет увеличения листовой поверхности. Инокуляция на фоне минеральных удобрений дает возможность формирования более высокого фотосинтетического потенциала посевов яровой пшеницы. При инокуляции семян яровой пшеницы биопрепаратами и препаратом ЖУСС-2 проявляется тенденция к повышению чистой продуктивности фотосинтеза как на неудобренном фоне, так и на фоне минеральных удобрений.

Ключевые слова: фотосинтетическая деятельность, ассимиляционная поверхность листьев, чистая продуктивность фотосинтеза, яровая пшеница, биологические препараты

# PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS IN CROPS AND DYNAMICS OF GROWTH PROCESSES IN THE APPLICATION OF BIOLOGICAL PRODUCTS

Nikitin S.N.
Ulianovsk Scientific and Research Institute of Agriculture, Ulianovsk, e-mail: S nikitin@mail.ru

The article presents the process of formation of the photosynthetic apparatus of spring wheat with the application of biological products. Studies have shown that the growth rate of the leaf surface throughout the growing season, reached maximum values at inoculation of seeds with bactofosfin in a mixture of LFC-2 on the background of mineral fertilizers. When applying biological products, the intensity increase photosynthetic capacity of crops during the growing season of spring wheat increased by increasing the leaf surface. On the nature of the formation of the leaf surface of spring wheat, mineral fertilizers and biological products had a direct impact. The maximum value of net productivity of photosynthesis was observed at the heading stage, i.e. during the period of greatest development of the leaf surface of spring wheat. Inoculation of seed helps to increase photosynthetic activity of plants in crops and to improve the dynamics of growth processes. Studies have established that the nature of the formation of the leaf surface of spring wheat, mineral fertilizers and biopreparations had a direct impact. Inoculation of seeds by biological products increases the rate of photosynthetic activity, probably due to the stimulating action of microorganisms included in the composition of biopreparations, which begins to emerge from the phase of tillering. In the application of mineral fertilizers, and without them, the greatest leaf area had plants on the option bactofosfin + LFC-2. The inoculation of seeds increases the photosynthetic capacity of crops during the growing season due to the increase of the leaf surface. Inoculation on the background of mineral fertilizers allows formation of higher photosynthetic capacity of spring wheat. By inoculation of seeds of spring wheat biologics and drug LFC-2 shows the trend of increase in net productivity of photosynthesis as on not fertilized background and on

Keywords: photosynthetic activity, assimilative surface of leaves, the net productivity of photosynthesis, spring wheat, biological substances

Взаимосвязь растений в агроценозе носит непостоянный характер, зависящий от многих факторов. Главной задачей для получения высоких урожаев является создание такого посева, в котором бы максимально раскрывались потенциальные возможности

the background of mineral fertilizers.

фотосинтетической деятельности растений в агроценозе. Этого можно добиться при создании благоприятных условий для роста и развития растений.

Ряд авторов [3, 14] рассматривает рост растений как процесс дифференцирова-

ния организма за счет образования новых и увеличения старых элементов его структуры (молекул, клеток, тканей и органов), оказывающий решающее влияние на распределение, перераспределение и использование образовавшихся при фотосинтезе и метаболизме органических веществ, а также поглощение минеральных солей и воды, идущих на образование поверхности органов и тканей, их регенерацию и на запасные отложения. Рост растения суммирует в себе и венчает многие другие процессы жизнедеятельности растения, выражая в известной мере баланс процессов синтеза и распада веществ в организме при его взаимодействии с условиями внешней среды.

Рост растения и его биологическая продуктивность — результат, прежде всего, фотосинтетической деятельности, в ходе которой образуется до 95% органических соединений. Поэтому рост растения, формативный, органообразовательный и рост как увеличение сухой биомассы начинается, главным образом, вслед за формированием фотосинтетической системы листа и осуществления процесса фотосинтеза. Лист как орган фотосинтеза является центром образования первичных продуктов, их метаболизации и эвакуации в органы запаса [2, 15].

Целью данной работы являлось выявление особенностей формирования фотосинтетической деятельности растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов и минеральных удобрений.

#### Материалы и методы исследования

Организация полевых опытов, проведение наблюдений и лабораторных анализов осуществлялось по общепринятым методикам, изложенным в следующих источниках: «Методика опытного дела» [1], «Фотосинтетическая деятельность растений в посевах» [11], «Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии» [12].

Проводили следующие учеты и анализы:

- фенологические наблюдения согласно методике государственного сортоиспытания [13];
- площадь листовой поверхности определялась методом «высечки» на 10 растениях с делянки на двух несмежных повторностях по фазам развития растений по формуле

$$S = \frac{PS_1 n}{P_1},$$

где S — общая площадь листьев одного растения, см²;  $S_1$  — площадь одной высечки, см²; P — общая масса листьев одного растения, г;  $P_1$  — масса высечек, г; n — число высечек. Зная густоту стояния растений на 1 га рассчитывалась площадь листьев на 1 га;

содержание сухого вещества определялось отбором средней пробы измельченных растений. Из каждого образца отбирались навески по 50 г в двукратной повторности, фиксировались и высушивались в сушильном шкафу при температуре 105°С до постоянной массы. Содержание сухого вещества определялось по формуле

$$X = \frac{A \times 100}{B},$$

где A — масса навески после высушивания, г; B — масса навески до высушивания, г;

 чистая продуктивность фотосинтеза вычислялась по формуле Кидда, Веста и Бриггса:

$$\label{eq:energy} \begin{split} \Psi \Pi \Phi = & \frac{B_2 - B_1}{\left( \Pi_1 + \Pi_2 \right) \times 0.5 \times n}, \end{split}$$

где ЧПФ — чистая продуктивность фотосинтеза;  $B_1$  и  $B_2$  — сухая биомасса пробы урожая в начале и конце учетного периода, г;  $B_2$  —  $B_1$  — прирост сухой массы за учетный период n дней, г;  $(J_1 + J_2) \times 0.5$  — средняя работавшая площадь листьев за этот промежуток времени,  $M^2$ ; n — число дней.

Минеральные удобрения аммиачная селитра, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий вносили под предпосевную культивацию. Обработка семян бактериальными препаратами и препаратом ЖУСС-2 (жидкий удобрительно-стимулирующий состав) проводили за 1-2 дня до посева. Повторность опыта 4-кратная. Учетная площадь делянок  $42 \text{ м}^2$  ( $2,1\times20$ ).

## Результаты исследования и их обсуждение

Формирование фотосинтетического аппарата представляет сложный процесс. В ранние фазы роста и развития преобладают процессы новообразования и роста листьев, а в более поздние – процессы отмирания, связанные с усиленной транспортировкой пластических веществ в репродуктивные органы [9]. Накопление и запасание энергии в процессе фотосинтеза сопровождается накоплением биомассы, служащей структурным и энергетическим материалом, обеспечивающим существование растений [15].

Максимальные урожаи могут быть сформированы посевами с оптимальной площадью листьев, причем важно, чтобы она быстро нарастала до максимальной величины и долго удерживалась на достигнутом уровне без резкого снижения к концу вегетации, максимально поглощая солнечную радиацию [10]. У культур, потенциально способных к формированию очень большой листовой поверхности, к которым относятся, в частности, злаки [8], степень ее фактического развития, а тем самым и факторы фотосинтетической деятельности, лимитирующие урожайность, решающим образом зависят от условий выращивания.

Если ресурсы влаги и питания недостаточны, то основным фактором, лимитирующим урожайность растений, является недостаточное развитие листовой поверхности, а на бедных почвах — и низкая производительность ее работы.

Основными показателями фотосинтетической деятельности растений являются: площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза и коэффициент использования фотосинтетически активной радиации. Величина площади листьев слагается из площади листьев отдельных растений и в различной степени зависит от периода вегетации, погодных условий выращивания, сорта, густоты растений, обеспеченности их питательными веществами и т.д.

Исследования [4, 5] указывают, что более продуктивным может быть то растение, которое отличается менее интенсивным фотосинтезом, но больший процент ассимилятов использует на образование листьев и формирует большую ассимиляционную поверхность. Поэтому очень важно агротехническими мероприятиями в наиболее короткие сроки добиваться оптимальной площади листьев растений.

Имеется немало указаний в литературе, что с увеличением ассимиляционной площади листьев увеличивается урожай. Однако положительная связь этих двух процессов имеет предел, при котором большая листовая поверхность из-за взаимного затенения снижает интенсивность фотосинтеза, в результате чего увеличивается непродуктивная часть урожая и уменьшается продуктивная.

Наши исследования показывают, что в начале развития растений яровой пшеницы от появления всходов до фазы кущения только начинают проявляться различия вариантов по площади листьев. Площадь листьев в фазу кущения изменяется в пределах 7,5–8,9 тыс. м²/га, а на фоне минеральных удобрений 9,1–11,4 тыс. м²/га (табл. 1). При инокуляции семян наблюдается тенденция к увеличению ассимиляционной поверхности листьев, особенно это заметно при применении бактофосфин + ЖУСС-2. По-видимому, в данный период действие биопрепаратов только начинает проявляться [6].

В фазе трубкования наблюдался более интенсивный рост и существенное увеличение ассимиляционной поверхности листьев по всем вариантам и варьировалось от 26,2 до 31,6 тыс. м<sup>2</sup>/га, а на фоне удо-

брений – от 28,9 до 34,1 тыс.  $M^2/\Gamma a$ . Более интенсивное нарастание листовой поверхности наблюдалось при инокуляции семян биопрепаратами. Так, увеличение площади листьев на этих вариантах относительно контроля составляло 9,5-20,6% (фон  $N_0 P_0 K_0$ ) и 7,6–18,0 % (фон  $N_{30} P_{30} K_{30}$ ). В фазе колошения площадь листовой поверхности находилась в пределах 36,6-42,9 тыс.  $M^2/\Gamma a$ , а на удобренном фоне 40.4-46.2 тыс.  $M^2/\Gamma a$ . При этом на всех исследуемых вариантах этот показатель был выше по сравнению с контролем на 7,9-17,2%, а на фоне минеральных удобрений - 5,0-14,4%. Нами отмечено, что интенсивность нарастания листовой поверхности в течение всей вегетации достигала максимальных значений при инокуляции семян бактофосфином в смеси с ЖУСС-2 на фоне минеральных удобрений.

Показатель площади листьев не всегда дает полную характеристику фотосинтетической деятельности посева, поскольку исключительно важно время, когда сформировалась максимальная площадь листьев и сколько дней она работала на накопление урожая.

Важнейшим показателем характеристики продолжительности фотосинтетической работы посева за всю вегетацию или определенный период является показатель — фотосинтетический потенциал посева (ФПП), характеризующий собой сумму ежесуточных показателей площади листьев на гектар посева и выражается в м<sup>2</sup>·день/га [7, 8].

Наши исследования показали, что при применении биопрепаратов интенсивность нарастания ФПП в течение вегетации яровой пшеницы возрастает за счет увеличения листовой поверхности. Так, в фазу кущения ФПП при значениях на контроле — 0,083 млн м²-дней/га по вариантам варьировался от 0,090 до 0,099 млн м²-дней/га (табл. 2). Такая же закономерность прослеживалась и в дальнейшем.

В фазе трубкования на контроле ФПП составил 0,196 млн м<sup>2</sup>·дней/га; на исследуемых вариантах находился в пределах от 0,216 до 0,236 млн м<sup>2</sup>·дней/га. В фазу колошения фотосинтетический потенциал посевов повышается на 8,8-18,6% относительно контроля. Внесение минеральных удобрений оказало существенное влияние на интенсивность нарастания ФПП, но закономерность при этом сохранилась.

Рост и фотосинтез растений составляют основу единого продукционного процесса,

и основным показателем фотосинтетической продуктивности растений является накопление ими сухой массы в пересчете на единицу сплошной листовой поверхности за определенный период [2, 7].

Ведущая роль в формировании урожайности принадлежит чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), которая характеризует активность работы ассимиляционной поверхности листьев в течение вегетации. В связи с этим продуктивность фотосинтеза широко изучается в различных почвенно-климатических условиях для выяснения факторов, способствующих повышению продуктивности культурных растений и лимитирующих ее продуктивность.

Влияние биопрепаратов на ассимиляционную поверхность листьев, тыс.  ${\rm M}^2/{\rm ra}$  (среднее за 3 года)

Варианты	Фазы развития					
	кущение	трубкование	колошение			
1. Контроль	7,5	26,2	36,6			
2. Азотовит	8,6	28,7	39,5			
3. Бактофосфин	8,1	29,5	40,7			
4. ЖУСС-2	8,7	30,7	41,5			
5. Азотовит + бактофосфин	8,4	29,7	40,9			
6. Азотовит + ЖУСС-2	8,5	30,7	40,7			
7. Бактофосфин + ЖУСС-2	8,9	31,6	42,9			
8. Азотовит + бактофосфин + ЖУСС-2	8,1	28,9	40,5			
$9. N_{30} P_{30} K_{30} (\Phi o H)$	9,1	28,9	40,4			
10. Фон + азотовит	9,8	31,2	42,6			
11. Фон + бактофосфин	9,8	31,1	42,4			
12. Фон + ЖУСС-2	10,6	33,3	44,3			
13. Фон + азотовит + бактофосфин	9,8	32,2	43,8			
14. Фон + азотовит + ЖУСС-2	11,2	34,1	45,7			
15. Фон + бактофосфин + ЖУСС-2	11,4	34,1	46,2			
16. Фон + азотовит + бактофосфин + ЖУСС-2	10,1	32,2	44,2			

Влияние биопрепаратов на фотосинтетический потенциал посевов, млн $\cdot$ м $^2\cdot$ дней/га (среднее за 3 года)

Варианты	Фазы развития				
	кущение	трубкование	колошение		
1. Контроль	0,083	0,196	0,431		
2. Азотовит	0,095	0,216	0,469		
3. Бактофосфин	0,090	0,219	0,483		
4. ЖУСС-2	0,097	0,229	0,496		
5. Азотовит + бактофосфин	0,093	0,222	0,487		
6. Азотовит + ЖУСС-2	0,094	0,228	0,490		
7. Бактофосфин + ЖУСС-2	0,099	0,236	0,511		
8. Азотовит + бактофосфин + ЖУСС-2	0,090	0,216	0,476		
9. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> (Фон)	0,101	0,221	0,476		
10. Фон + азотовит	0,107	0,238	0,509		
11. Фон + бактофосфин	0,109	0,238	0,506		
12. Фон + ЖУСС-2	0,117	0,255	0,534		
13. Фон + азотовит + бактофосфин	0,109	0,245	0,522		
14. Фон + азотовит + ЖУСС-2	0,124	0,263	0,548		
15. Фон + бактофосфин + ЖУСС-2	0,127	0,265	0,552		
16. Фон + азотовит + бактофосфин + ЖУСС-2	0,112	0,246	0,525		

Влияние биопрепаратов на чистую продуктивность фотосинтеза,  $\Gamma/M^2$  сутки (среднее за 3 года)

Варианты	Фазы развития						
	кущение	трубкование	колошение				
1. Контроль	2,3	4,5	5,8				
2. Азотовит	2,5	4,6	6,2				
3. Бактофосфин	2,5	4,8	6,2				
4. ЖУСС-2	2,8	5,0	6,3				
5. Азотовит + бактофосфин	2,6	4,7	6,0				
6. Азотовит + ЖУСС-2	2,9	5,1	6,5				
7. Бактофосфин + ЖУСС-2	2,9	5,1	6,5				
8. Азотовит + бактофосфин + ЖУСС-2	2,6	4,7	6,2				
$9. N_{30} P_{30} K_{30} (\Phi o H)$	2,7	4,8	6,3				
10. Фон + азотовит	2,8	4,9	6,5				
11. Фон + бактофосфин	2,9	5,1	6,6				
12. Фон + ЖУСС-2	3,0	5,2	6,6				
13. Фон + азотовит + бактофосфин	3,1	5,1	6,6				
14. Фон + азотовит + ЖУСС-2	3,1	5,3	6,8				
15. Фон + бактофосфин + ЖУСС-2	3,3	5,4	6,9				
16. Фон + азотовит + бактофосфин + ЖУСС-2	3,0	5,1	6,6				

Результаты наших исследований показывают, что в среднем за годы исследований в течение вегетации яровой пшеницы чистая продуктивность фотосинтеза шла по восходящей кривой и колебалась от 2,3 до 6,9 г/м²-сутки в зависимости от минеральных удобрений, биопрепаратов и препарата ЖУСС-2. В фазу кущения продуктивность фотосинтеза колебалась от 2,3 до 2,9 г/м²-сутки, а на фоне минеральных удобрений – от 2,7 до 3,3 г/м²-сутки. Инокуляция семян способствует увеличению ЧПФ на 0,1–0,7 г/м²-сутки.

Рядом авторов установлено, что по мере увеличения в посевах площади листьев ЧПФ падает. Однако имеются и противоположные мнения. Результаты наших исследований показывают, что увеличение площади листьев не приводило к резкому снижению продуктивности фотосинтеза. Это можно объяснить тем, что максимальная площадь листьев в фазу колошения составляла 46,2 тыс.  $M^2/\Gamma a$ , что является оптимальной. А.А. Ничипорович [7, 8] считает предельной площадь листьев пшеницы 40-50 тыс.  $M^2/\Gamma a$ , если площадь выше этой величины, то листья затеняются и снижается интенсивность фотосинтеза. В фазу трубкования продуктивность фотосинтеза повышается от инокуляции на 2,2-13,3 % (табл. 3).

В течение вегетации показатели ЧПФ изменялись на фоне минеральных удобре-

ний. Максимальные величины ЧПФ наблюдались в фазе колошения, т.е. в период наибольшего развития листовой поверхности растений яровой пшеницы. Наибольшие величины продуктивности фотосинтеза были на вариантах «азотовит + ЖУСС-2» и «бактофосфин + ЖУСС-2» и составили 6,5 г/м²-сутки, на фоне минеральных удобрений соответственно 6,8 и 6,9 г/м²-сутки.

#### Заключение

Таким образом, исследования показали, что на характер формирования листовой поверхности яровой пшеницы минеральные удобрения и биопрепараты оказали непосредственное воздействие. Инокуляция семян биопрепаратами увеличивает данный показатель фотосинтетической деятельности, вероятно, за счет стимулирующего действия микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов, которая начинает проявляться с фазы кущения. Как при применении минеральных удобрений, так и без них, наибольшую площадь листьев имели растения на варианте «бактофосфин + ЖУСС». Инокуляция семян способствует увеличению фотосинтетического потенциала посевов в течение вегетации за счет увеличения листовой поверхности. Инокуляция на фоне минеральных удобрений дает возможность формирования более высокого фотосинтетического потенциала посевов яровой пшеницы. При инокуляции семян яровой пшеницы биопрепаратами и препаратом ЖУСС-2 проявляется тенденция к повышению чистой продуктивности фотосинтеза как на неудобренном фоне, так и на фоне минеральных удобрений.

#### Список литературы

- 1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропроимздат, 1985. 315 с.
- 2. Кефели В.И. Физиологические основы конструирования габитуса растений. М.: Наука, 1994. 270 с.
- 3. Мокроносов А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма [42-е Тимирязевские чтения]. М.: Наука, 1983.-63 с.
- 4. Мокроносов А.Т. Фотосинтез и продукционный процесс / А.Т. Мокроносов // Физиология растений на службе продовольственной программы СССР. М.: Знание, 1988. № 2. С. 3–18.
- 5. Никитин С.Н. Оценка эффективности применения биопрепаратов в Среднем Поволжье. Ульяновск: Изд-во ИПК «Венец» УлГТУ, 2014. 135 с.
- 6. Никитин С.Н. Влияние бактериальных удобрений на микрофлору почвы и урожайность яровой пшеницы // Агроэкологические аспекты повышения эффективности сельскохозяйственного производства: тез. докл. научно-практической конференции. Пенза, 2001. С. 127–129.

- 7. Ничипорович А.А. Некоторые принципы комплексной оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. М.: Колос, 1970. С. 120–127.
- 8. Ничипорович А.А. Реализация регуляторной функции света и жизнедеятельности растений как целого и в его продуктивности. / А.А. Ничипорович. Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. М., 1975. 275 с.
- 9. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А.А. Ничипорович. Физиология фотосинтеза. М., 1982. С. 7–34.
- $10.\$  Ничипорович А.А. Фотосинтез и урожай. / А.А. Ничипорович. М.: Знание,  $1966.-48\ c.$
- 11. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмора, М.Н. Власова. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 137 с.
- 12. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / Под общ. ред. А.А. Завалина. М.: РАСХН,  $2000.-82\ c.$
- 13. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / М.А. Федин. – М.: Изд-во Министерство сельского хозяйства СССР, 1985.-285 с.
- Шевелуха В.С. Периодичность роста сельскохозяйственных культур и пути ее регулирования. – М.: Колос, 1980. – 455 с.
- 15. Шульгин И.А. Растение и солнце. Л.: Гидрометео-издат, 1973. 252 с.

УДК 574.4

#### ЭКОСИСТЕМЫ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

#### Аничкина Н.В.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

Восточные склоны Среднерусской возвышенности расчленены оврагами и балками. Один из них, геологический памятник природы – Каменный лог, располагается в центре города Липецка, формируя рельеф части города, расположенного на правом берегу реки Воронеж. Своеобразной «осью» всего урочища в целом является русло реки Липовки. Дренирование городской территории, резкий перепад высот, выход известняковых отложений, карстовые и оползневые процессы создают здесь уникальные биогеохимические циклы, в результате которых возникают биоценозы, по состоянию которых мы можем судить об общем экологическом благополучии данной территории. В результате полевых исследований были выделены ландшафтные фации, изучено содержание и миграция тяжелых металлов в почвах долины реки Липовки. Также изучен качественный и количественный состав мусора, собранного в урочище. По результатам исследования сделаны выводы, что функционирование экосистем восточного склона Среднерусской возвышенности регулируется как природными, так и антропогенными факторами.

Ключевые слова: река, известняковые отложения, ландшафтные фации, почвы, тяжелые металлы

## THE ECOSYSTEMS OF THE EASTERN SLOPE THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND Anichkina N.V.

Lipetsk State Pedagogical P Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

The eastern slopes of the Central Russian Upland are dissected by ravines and gullies. One of them, a geological monument of nature – Kamenniy log is located in the center of Lipetsk and forms the topography of the town, which is located on the right bank of the Voronezh River. A kind of an «axis» of the whole tract is the mainstream of the river Lipovka. The drainage of the urban area, steep elevations, limestone deposits, karst and landslide processes all together create unique biogeochemical cycles, which influence biocenoses. On their state we can judge on the overall environmental well being of the area. As a result of field studies some landscape facies were distinguished, the content and migration of heavy metals in Lipovka Valley soils were studied. The qualitative and quantitative composition of the waste collected in the tract was studied. We concluded that the functioning of the ecosystems of the eastern slope of the Central Russian Upland are regulated by both natural and anthropogenic factors.

Keywords: river, limestone deposits, facies landscape, soil, heavy metals

Восточные склоны Среднерусской возвышенности заходят на территорию Липецка, формируя рельеф части города, расположенного на правом берегу реки Воронеж. Восточные склоны Среднерусской возвышенности расчленены оврагами и балками. Один из них, геологический памятник природы – Каменный лог, располагается в центре города. По дну лога протекает река Липовка. Каменный лог – одна из природных особенностей Липецка. На протяжении многих лет мы проводим здесь полевые исследования, изучая компоненты экосистем данной территории. Дренирование городской территории, резкий перепад высот, выход известняковых отложений, карстовые и оползневые процессы создают здесь биогеохимические циклы, в результате которых возникают биоценозы, по состоянию которых мы можем судить об общем экологическом благополучии данной территории [3]. Цель исследования: изучить компоненты экосистем Каменного лога.

#### Материалы и методы исследования

В ходе работы были изучены краеведческие материалы, которые помогли понять историю развития данной территории как под влиянием антропогенных, так и природных факторов. При проведении обследования Каменного лога мы делали привязку к реке Липовке, которая дренирует данную территорию, являясь её своеобразной осью. Долина реки Липовки сложена древними породами девонских отложений палеозойской эры — известняками высотой до 20 метров, выходящими на дневную поверхность в Каменном логу (рис. 1), и аллювиальными отложениями, которые представлены древними и современными отложениями. Древние отложения представлены однородными светлыми песками с тонкими прослоями и линзами глин.

В первой половине 90-х годов 20 века проводилась геолого-экологическая съемка реки Липовки. Скважина, пробуренная у развилки в верховьях Каменного лога, вблизи молзавода, вскрыла необычный для этих мест разрез. И она, и последующие скважины, а также обнажения горных пород обнаружили мощную – до 30–40 метров – толщу однородных светлых песков, с тонкими прослоями и линзами глин. Геологами было высказано предположение, что пески – отложения на русле какой-то неизученной

древней реки. Дальнейшие исследования подтвердили, что это аллювий погребенной речной долины. Река существовала на месте каменного лога и была куда шире и глубже Липовки. Современные отложения - это пески с прослойками супесей, суглинков и вязких глин. В 60-х годах 20 века на берегах Липовки началось строительство многоэтажек. Резкий рост потребления воды городом привел к снижению уровня основных водоносных горизонтов и исчезновению родников. Ключи били по всему Каменному логу. Старожилы рассказывают, что они были даже во дворах домов и использовались в бытовых целях. Память о них сохранилась в названиях улиц: Малые ключи и Большие ключи. В настоящее время в логу остался только один родник (рис. 2). Для достижения цели исследования нами были разработаны полевые маршруты, в ходе которых было проведено изучение почвенных профилей, отобраны пробы почв на исследование содержания в них тяжелых металлов. Отборы почв производились согласно общепринятым методикам [5, 7]. Впоследствии они были переданы для проведения анализов в Липецкий агрохимический центр. В процессе работы нами было произведено исследование и описание компонентов биотопов Каменного лога. В процессе прохождения маршрутов мы не могли не обратить внимания на мусор, который в изобилии встречался нам. Мы провели его исследование как по качественному, так и по количественному составу, так как считаем, что в сложившейся экологической ситуации мусор также является частью современных биогеоценозов и соответственно встраивается в биогеохимические циклы.

вой растительности (рис. 3). Совместив рельефные и растительные зоны, можно обнаружить наличие следующих ландшафтных фаций:

- 1) поймы с древесной растительностью;
- 2) поймы с травянистой растительностью;
- 3) делювиальных склонов с древесной растительностью;
- 4) коренных склонов с древесной растительностью;
- 5) склонов и террас с травянисто-луговой растительностью.

Фация поймы с древесной растительностью прослеживается почти на всем протяжении Каменного лога и имеет ширину от нескольких до 20-30 метров в разных местах. Своеобразной «осью» фации и всего урочища в целом является русло реки Липовки. Пойма – участок аккумуляции материала, смываемого с близлежащего водораздела. Литогенную основу осадочного материала составляют овражный аллювий и делювий тяжелосуглинистой фракции с грубообломочными включениями известняка и включениями антропогенного происхождения. На отложениях такого типа формируются аллювиальные почвы с плохо выраженной структурой. Для растительности характерно



Рис. 1. Девонские отложения в долине реки Липовки

## Результаты исследования и их обсуждение

В растительном покрове урочища встречаются участки как древесной, так и луго-

доминирование ивы белой (ветлы) и бедность травяного покрова. Ива — типичное для лесостепной зоны растение, покрывающее днища крупных эрозионных образований: балок и оврагов. Теневыносливые

травы-гигрофиты (недотрога железистая, недотрога мелкоцветковая, горец змеиный, череда трехраздельная) также сосредоточены в «донной», водосборной части урочища.

Фация поймы с преобладающей травянистой растительностью встречается фрагментарно. Основные ее участки расположены в западной части урочища, которая постепенно переходит в плакор. Состав пойменных отложений сходен с предыдущей фацией, хотя здесь отсутствует известняковый материал. Широкое распространение травянистой растительности в этой части поймы связано, скорее всего, с естественным или антропогенным изреживанием древесного покрова. Здесь широко представлены травы, в большинстве своем влаголюбивые, приуроченные к тяжелым, плохо дренируемым, аллювиальным почвам: тростник южный, или обыкновенный, рогоз широколистный, щавель конский, лопух паутинистый, хвощ полевой, череда трехраздельная, эхиноцистис дольчатый.

Фация делювиальных склонов с древесной растительностью определена почти на всем протяжении урочища. На склонах про-

исходит смещение песчано-глинистого материала и обломков известняков в результате стока дождевых и талых вод. Здесь часто встречаются эрозионные борозды, отмечены промоины глубиной до 2 м. Делювиальный смыв затрудняет формирование почв — травянистый покров в этой части урочища очень беден и сильно изрежен, что лишь усиливает эрозию. Клен ясенелистный, или американский — местный вид-доминант, образует на склонах сплошные заросли. Это пришлое, адвентивное растение, скорее всего, заменившее существовавшую здесь зональную растительность.

Урочище имеет субширотное простирание, что должно привести к экспозиционной асимметрии склонов. На северном и южном склонах могли сформироваться физико-географические фации двух различных типов. Однако фация делювиальных склонов имеет правильное, симметричное расположение относительно пойменной. Существенных различий между двумя склонами не наблюдается. Это может быть объяснено тем, что растительность носит вторичный, замещенный характер при господстве одного вида.



Рис. 2. Обустроенный родник с купелью



Рис. 3. Вид на Каменный лог и реку Липовка в районе улицы Московская

### Содержание тяжелых металлов в почвах Каменного лога

№ п/п	Место отбора	Cs-137, Бк/кг	Си, мг/кг	Zn, мг/кг	Мп, мг/кг	Рb, мг/кг	Сd, мг/кг	Со, мг/кг	В, мг/кг	Нg, мг/кг
1	У истока р. Липовки	37,1	1,31	12,83	22,8	9,52	0,48	6,1	1,0	0,3
2	У среднего течения р. Липовки	53,9	4,75	38,53	73,1	21,7	0,90	5,0	1,0	0,04
3	3 У устья р. Липовки		18,7	18,60	26,1	5,39	0,40	2,4	1,3	0,55
	ПДК	_	3,0	23,0	140,0	6,0	_	5,0	-	2,1

Фация коренных склонов с древесной растительностью. Выделяется в нижней части Каменного лога. Именно здесь эрозионной работой реки обнажены известняки верхнедевонского возраста, изредка перекрываемые делювиальным осадочным материалом. Глубина вскрытия древних пород (до 20 м) наглядно демонстрирует разрушительную силу водотока Липовки в прошлом. Известняки подвергаются разрушению, на них формируются примитивные бесструктурные почвы. Часть урочища близ устья застроена, но, несмотря на это, характерной особенностью фации коренных склонов является высокое растительное разнообразие. Здесь можно встретить березу повислую или бородавчатую, два вида тополя – черный (осокорь) и дрожащий (осину), два вида бузины – кистевидную (красную) и черную, ясени – обыкновенный и американский, свидину белую (дерен белый), калину обыкновенную (красную), липу сердцевидную (мелколистную). Отдельно следует выделить папоротник костенец стенной, произрастающий в трещинах известняковых пластов.

Фация склонов и террас с травянистолуговой растительностью получила особое распространение в верхней, когда-то постепенно переходившей в степь части урочища. Внешний ее облик напоминает степную балку. Делювиальный материал склонов и редких террас закреплен сомкнутой травянистой растительностью. Здесь формируются почвы, по структуре близкие выщелоченным черноземам. В злаково-сорно-луговом разнотравье этой фации преобладают: вейник наземный, бодяк полевой (розовый осот), полынь обыкновенная (чернобыльник), пижма обыкновенная, тысячелистник обыкновенный, цикорий обыкновенный, овсяница гигантская, кострец (костер) безостый.

Нами было произведено описание почвенного обнажения русла Липовки по морфологическим признакам. Было выявлено четыре почвенных горизонта: А0 – дернина, А1 – гумусово-аккумулятивный, А2 – гумусово-элювиальный; В – гумусово-илювиальный. Общая мощность слоя гумусового слоя – шестьдесят сантиметров. При подготовке к полевому этапу исследования нами было обозначено три реперных точки (исток, среднее течение, устье реки) где были отобраны почвенные образцы (таблица) на исследование содержания тяжелых металлов [2].

Исследование показало, что самым загрязненным участком почв является среднее течение, где наблюдаются значительные превышения по меди, цинку, свинцу. Возрастание цезия-137 происходит вниз по течению реки. Известно, что цезий активно встраивается в почвенно-поглощающий комплекс чернозёмов, и здесь мы наблюдаем явную аккумуляцию этого вещества в нижнем течении [1]. Кобальт напротив превалирует в образцах почв, отобранных у истоков. Это можно объяснить тем, что кобальт участвует в процессе дыхания и фотосинтеза растений, а также накапливается в водорослях. Учитывая увлажненность мест отбора проб и, как следствие, содержание в почвах повышенного количества почвенных водорослей, мы можем предположить, что они аккумулируют кобальт и массопереноса вниз по течению не происходит [4, 6].

Нами исследован мусор, находящийся в логу. Самая загрязненная территория — это исток реки Липовки. Здесь на 1 м² находится до 5700 г мусора. Из них: 1200 г пластмассы, 2000 г стекла, 2500 г другого мусора (железо, резина, бумага). У устья на 1 м² наблюдалось 1600 г мусора, из них: 600 г пластмассы, 400 г стекла, 600 г другого мусора. Наши наблюдения показывают, что в выравнивание земной поверхности данной местности активно вмешивается человек.

#### Заключение

Изучение экосистем восточных склонов Среднерусской возвышенности является важной научной проблемой. В результате полевых исследований были выделены ландшафтные фации, изучено содержание и миграция тяжелых металлов в почвах. Также изучен качественный и количественный состав мусора, собранного в урочище. В растительном покрове урочища встречаются участки как древесной, так и луговой растительности. Совместив рельефные и растительные зоны, можно обнаружить наличие следующих ландшафтных фаций: поймы с древесной растительностью; поймы с травянистой растительностью; делювиальных склонов с древесной растительностью; коренных склонов с древесной растительностью; склонов и террас с травянисто-луговой растительностью. Сделаны выводы, что из-за воздействия человека исчезли многие виды коренной растительности, уменьшилось видовое разнообразие. Фация делювиальных склонов с древесной растительностью определена почти на всем протяжении урочища. На склонах происходит смещение песчано-глинистого материала и обломков известняков в результате стока дождевых и талых вод. Здесь часто встречаются эрозионные борозды, отмечены промоины глубиной до 2 м. Делювиальный смыв затрудняет формирование почв - травянистый покров в этой части урочища очень беден и сильно изрежен, что лишь усиливает эрозию. Клен ясенелистный, или американский - местный вид-доминант, образует на склонах сплошные заросли. Это пришлое, адвентивное растение, скорее всего, заменившее существовавшую здесь зональную растительность. В целом, урочище Каменный лог испытывает повышенную антропогенную нагрузку, поэтому необходимо принимать меры для улучшения экологического состояния уникального для города Липецка объекта. На формирование современных экосистем восточного склона Среднерусской возвышенности оказывают влияние как природные, так и антропогенные факторы. Изучение компонентов экосистем даёт понимание об общем экологическом благополучии данной территории, и, на основе проведённого исследования, возможна разработка природоохранных мероприятий, направленных на снижение антропогенной нагрузки.

#### Список литературы

- 1. Аничкина Н.В. Радиационное загрязнение почв Липецкой области и мероприятия по снижению накопления цезия-137 в продукции растениеводства / Н.В. Аничкина, О.Н. Полухина, Л.П. Фарафонова // Вестник ЛГТУ-ЛЭГИ. Научно-технический журнал. Липецк: ЛЭГИ, 2005. № 1(13). С. 69–72.
- 2. Аничкина Н.В. Эколого-экономическая оценка деградации почв на территории Липецкой области // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Материалы III Международной научной конференции (Белгород, 20–24 октября 2008 г.). Сборник. Часть 2. Экологические проблемы и ситуации. Москва-Белгород, 2008. С. 10–11.
- 3. Голубев И.М. Геохимические факторы и заболеваемость населения лесостепной зоны Русской равнины [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ.. д.б.н. Архангельск, 1995. 35 с.
- 4. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». URL: http://www.ohranatruda.ru/ot\_biblio/normativ/data\_normativ/8/8936/(дата обращения: 09.11.2015).
- 5. Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. М., Химия, 1965. 331 с.
- 6. Кобальт. URL: http://www.pesticidy.ru/active\_nutrient/cobalt .(дата обращения: 20.12.2016).
- 7. Отбор почвенных проб и их анализ в точном земледелии. URL: http://www.mcx.ru/ (дата обращения: 14.10.2015).

УДК 624.01

#### ПРОБЛЕМЫ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КОЛОНН СКВАЖИН И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ РЕШЕНИЮ

#### <sup>1</sup>Апасов Т.К., <sup>1</sup>Апасов Г.Т., <sup>2</sup>Мухаметшин В.Г., <sup>2</sup>Новоселов М.М.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: apasov-timur@mail.ru, apasov\_gaydar@inbox.ru; <sup>2</sup>OAO «НижневартовскНИПИнефть», Нижневартовск, e-mail: MuhametshinVG@nvnipi.ru, NovoselovMM@nvnipi.ru

Проблема негерметичности эксплуатационной колонны скважин на Мыхпайском месторождении с каждым годом приобретает все большую актуальность. Месторождение находится в фазе снижения добычи нефти, низких темпов отбора и прогрессирующим обводнением продукции. Ремонтно-изоляционные работы ведутся с 1998 года, в целом характеризуются низкой успешностью (53 %) и эффективностью (0,5 тыс.т/скв/опер.). Объясняется это отсутствием эффективных методов прогнозирования, технологий и составов для проведения РИР. Для решения проблем предложены мероприятия по предупреждению негерметичностей эксплуатационных колонн, рекомендуется организовать мониторинг действующих скважин и учет результатов работ при бурении новых скважин, предлагаются технология и тампонажные составы на основе карбомидоформальдегидной смолы, для пластовых температур от 20 до 120 °C вместо традиционного портландцемента.

Ключевые слова: негерметичность эксплуатационной колонны, технологические и технические факторы, коррозионная среда, карбомидоформальдегидная смола

### PROBLEMS OF LEAKAGE PRODUCTION CASING WELLS AND PROPOSALS FOR THEIR SOLUTION

#### <sup>1</sup>Apasov T.K., <sup>1</sup>Apasov G.T., <sup>2</sup>Mukhametshin V.G., <sup>2</sup>Novoselov M.M.

<sup>1</sup>Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Tyumen Industrial University»,

Tyumen, e-mail: apasov-timur@mail.ru, apasov\_gaydar@inbox.ru;

<sup>2</sup>«NizhnevartovskNIPIneft», Nizhnevartovsk, e-mail: MuhametshinVG@nvnipi.ru, NovoselovMM@nvnipi.ru

The problem of leaking wells on production casing Myhpayskom field, is becoming increasingly important with each passing year. The field is in decline in oil production phase, lower sampling rates and progressive water production. Repair and insulation work carried out since 1998, generally have a low success of 53 % and efficiency of 0,5 thousand tons / well / operas. This is explained by the absence of effective methods of forecasting, techniques and compositions for the RIRs. To solve the problems proposed measures to prevent leaks of operational columns, it is recommended to organize the monitoring of existing wells and accounting for the results of the drilling of new wells, the proposed technology and grouting compositions based formaldehyde resin for formation temperatures of 20 to 120 °C. instead of conventional Portland cement.

Keywords: leakage production casing, technological and technical factors, corrosive environment, formaldehyde resin

Проблема негерметичности эксплуатационной колонны (ЭК) добывающих и нагнетательных скважин на нефтяных месторождениях Западной Сибири, в частности, Самотлорского, Мегионского, Ватинского, Мыхпайского и других месторождений, с каждым годом приобретает все большую актуальность, поскольку нарушения герметичности колонн ведут к росту обводненности добываемой продукции, вследствие которого эксплуатация скважин оказывается нерентабельной. Эта проблема для Мыхпайского многопластового месторождения является крайне актуальной. Основным объектом, определяющим добычу нефти на месторождении, является АВ<sub>1-2</sub>, более 50% извлекаемых запасов нефти месторождения. В эксплуатационном фонде числится 56 добывающих и 26 нагнетательных.

В настоящее время средний дебит нефти по месторождению составляет 13 т/сут, дебит жидкости – 176 т/сут, обводненность продукции достигла 92%. На месторождении отобрано 62% извлекаемых запасов, месторождение находится в III стадии разработки, в фазе снижения добычи нефти, низких темпов отбора и прогрессирующего обводнения продукции, в этих условиях обусловлена необходимость применения геолого-технических мероприятий по интенсификации притоков и повышения нефтеотдачи пластов. Геолого-технические мероприятия (ГТМ) по месторождению проводятся с 1998 года, за историю разработки проведено 262 скважино-операции со средней успешностью 76%, дополнительно добыто 1097,4 тыс.т нефти, что составляет 11,4% от общей накопленной добычи на месторождении [1, 4, 5]. Программа ГТМ, реализованная в ходе разработки месторождения, включает мероприятия нескольких видов: бурение горизонтальных скважин (ГС); бурение бокового ствола (ЗБС); гидравлический разрыв пласта (ГРП); обработка призабойной зоны пласта (ОПЗ); ремонтно-изоляционные работы (РИР) и другие. Распределение количества проведенных мероприятий и объемов дополнительной добычи нефти по видам ГТМ приведены на рис. 1.

За весь прошедший период разработки проведено 15 операций РИР в добывающих и три операции в нагнетательных скважинах. По целевому признаку проведения РИР можно разделить на два типа: ликвидация заколонной циркуляции (ЗКЦ); ликвидация негерметичности обсадной колоны скважины (ЛНЭК).

В таблице приведены примеры основных технологических параметров работы добывающих скважин до и после РИР.

По результатам работ дополнительная добыча нефти получена только по шести скв./опер., всего — 6,8 тыс.т при успешности 60%. Ликвидация заколонных перетоков (ЗКЦ) проведена в пяти скважинах, из них успешно только в одной (скважина № 432). Дополнительная добыча нефти по ней составила 640 т. В целом на Мыхпайском месторождении ремонтно-изоляционные работы характеризуются низкой успешностью — 53% и эффективностью — 0,5 тыс.т/скв./опер. Объясняется это отсутствием эффективных методов прогнозирования, технологий и составов для проведения РИР [1, 4].

Обсадка скважин месторождения про-изводилась эксплуатационными колоннами

диаметром 146 мм для скважин, пробуренных на ЮВ, и 168 мм для скважин, пробуренных на АВ<sub>1,2</sub> и БВ<sub>8</sub>, поэтому спускаемые установки УЭЦН могут иметь габарит 5, 5А и 6, в зависимости от диаметра эксплуатационной колонны, кривизны скважины и толщины стенок эксплуатационной колонны. Для спуска насосов в скважины используется НКТ с диаметрами 89 и 73 мм с толщиной стенки 5,5 мм, изготовленные из стали марки «Д» отечественного производства. Производительность насосов изменяется в соответствии с добывными характеристиками пластов от 15 до 1250 м³/сут, напор установок ЭЦН изменяется от 800 до 2350 метров, соответственно с глубиной спуска ниже 1300–1500 метров.

Коррозионная среда, стареющие материалы металлов и цементов, напряжения, вызванные разницей внутрискважинного и пластового давлений, наличие интервалов интенсивного набора кривизны и прочие геолого-технологические причины приводят к нарушению герметичности обсадных колонн (ОК) и укорачивают срок их службы. Среди технологических и технических факторов по анализу выделяется влияние зенитного и азимутального углов наклона пробуренных скважин, а также влияние в районе глубин расположения УЭЦН.

На примере Самотлорского месторождения проведены комплексные исследования причин и характера нарушения герметичности ЭК, разработана программа применения превентивных мер по продлению срока службы ЭК действующих скважин и технология защиты ЭК новых скважин [3]. На рис. 2 представлено распределение основных факторов, влияющих на появление герметичностей в ЭК по массиву 180 скважин.



Рис. 1. Распределение объема ГТМ и дополнительной добычи нефти

№	№	Дата	Реж	Режим до ГТМ			им после Г	ГМ	Прирост	Доп.
п/п	скв.	окончания	qн. т/сут.	qж. т/сут.	Обв.	qн. т/сут.	qж. т/сут.	Обв.%	дебита	добыча
		ГТМ			%				нефти, т/сут	нефти, т
					3	КЦ				
1	151	18.12.1998	26	273	91	10,0	44	77	-16,1	0
2	440	05.07.1999	]	из ППД		0,1	9	98,9	0	9
3	446	19.12.2001	0	0	0	0,0	0	0	0	0
4	433	18.05.2011	5,1	515,0	99,0	5,3	5,3 6,6 6,2 0,2		0,2	0
5	432	11.03.2012	5,5	278,5	98,0	12,9	20,1	28,3	7,4	631
					Л	НЭК				
6	164	18.02.2001	14,1	18,0	7,2			-3,3	0	
7	154	26.08.2001	1,5	124,5	98,8	0,9	108	99,1	-0,6	0
8	433	18.05.2002	3,0	239.4	98.8	4.1	80	94.9	1.1	6

Эффективность проведенных ремонтно-изоляционных работ

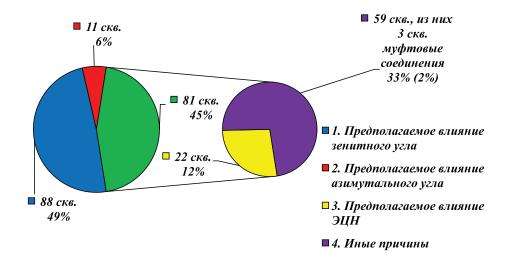


Рис. 2. Распределение причин негерметичности ЭК

На Мыхпайском месторождении планируется бурение добывающих скважин в 2017 г. Основные направления дальнейшей разработки Мыхпайского месторождения предусматривают бурение добывающих (горизонтальных и наклонно-направленных) скважин. Профили наклонно-направленных и горизонтальных скважин должны удовлетворять следующим критериям: обеспечение нормальной проходимости различных компоновок бурильного инструмента и обсадных колонн; возможность спуска приборов при заканчивании скважин и их эксплуатации; обеспечение попадания скважины и боковых стволов в заданные круг и «коридор» допуска (по вертикали и горизонтали); проектирование траектории должно сводить к минимуму возможность получения негерметичностей эксплуатационных колонн при дальнейшей эксплуатации [3, 5].

На основании примера Самотлорского месторождения, для предотвращения нарушения герметичности ЭК раньше времени для нового фонда скважин Мыхпайского месторождения предложено бурение скважин по возможности осуществлять преимущественно с пологими траекториями, исключая пересечения прямолинейных траекторий и эксплуатационных колонн ниже глубин 1300 м (ниже интервалов динамических уровней работающих УЭЦН) (рис. 3).

При невозможности выбора пологой траектории при бурении рекомендуется предусмотреть спуск колонны диаметром 168 мм. Также дополнительно рекомендуется строительство колонн со «смешанной конструкцией», в интервалах максималь-

ной кривизны применять стали высокой прочности, марки «Е» или даже «К», это позволит снизить воздействие на колонну бурового, фрезерного и эксплуатационного оборудования при проведении спускоподъемных операций и позволит снизить воздействие касания эксплуатационной колонны со спускаемым в скважину насосным оборудованием [5].

Перечисленные предлагаемые мероприятия были реализованы при строительстве трех скважин (№ 25, 26, 48) Южно-Охтеурского месторождения, в период с декабря

2013 года по март 2014 года. К примеру, в скважине № 25 для основной части была выбрана колонна с диаметром 146 мм марки «Д», а в местах возможного контакта колонны и спускаемого насосного оборудования выбрана колонна 146 мм марки «Д». Интервалы возможного контакта определены с помощью построения трехмерных траекторий ЭК в программном комплексе ROXAR.

Дополнительно по пробуренному фонду скважин Мыхпайского месторождения предлагается проведение мониторинга с последующими исследованиями (рис. 4).

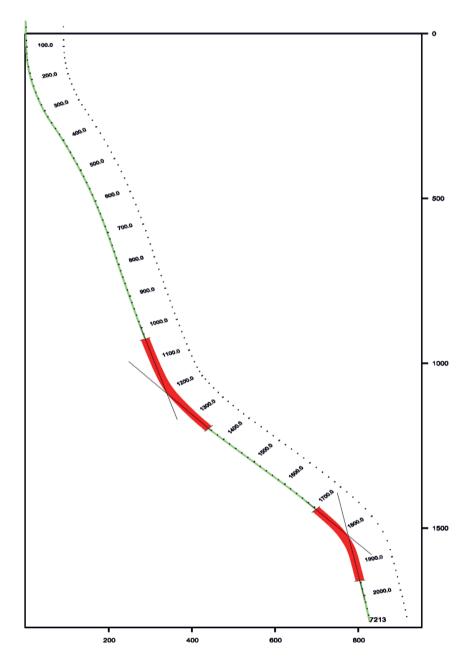


Рис. 3. Схема ствола скважин с ожидаемыми местами нарушений ЭК

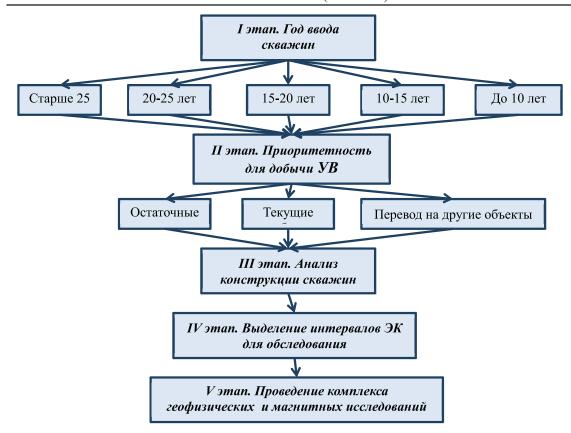


Рис. 4. Схема мониторинга скважин эксплуатационного фонда

Согласно этой программе, прежде всего, необходимо провести разделение фонда на категории по «возрастной классификации». Это сразу позволит оценить число возрастных скважин и понять для себя объем надвигающихся проблем. Далее по каждой «возрастной» категории определяется приоритетность скважин в текущей добыче нефти. Показатели дебитов и обводненность позволят оценить потери в добыче в случае остановки скважины. В данный этап также включена оценка степени выработанности запасов объекта разработки, определяемой с помощью гидродинамического моделирования месторождения или эксплуатируемого объекта. Для условий многопластового месторождения, такого как Мыхпайский, необходим анализ не только действующего объекта, но и учет возможности перевода скважины на другие выше и ниже залегающие эксплуатационные объекты. Определив группы скважин с высоким потенциалом по добыче, на третьем этапе необходим анализ конструкций скважин с целью определения интервалов возможного износа эксплуатационной колонны (рис. 4). Для этой задачи может быть применен любой комплекс геологического или геофизического моделирования, позволяющего строить 3D-модели проекций скважин, с целью выявления зон возможного контакта ЭК и оборудования, спускаемого на забой.

В целом для Мыхпайского месторождения по предупреждению дальнейшего выбытия скважин из добывающего фонда по причине негерметичности эксплуатационной колонны необходимы мероприятия по организации мониторинга действующих скважин и учета результатов данной работы при бурении новых скважин. Данный алгоритм позволит применять превентивные меры, что существенно сэкономит средства на ремонт и сократит потери в объемах добычи нефти.

Для ликвидации уже выявленных негерметичностей ЭК при разработке месторождений все больше используются изоляционные составы с высокой фильтруемостью в пористые среды, низкой вязкостью, высокой механической проч-

ностью и адгезией. Основное применение при проведении изоляционных работ находят композиции, состоящие из полимеров и синтетических смол, вместо традиционного портландцемента. Из синтетических смол самыми дешевыми и доступными являются карбамидоформальдегидные смолы [2]. Предлагаем разработанную технологию и быстросхватывающую тампонажную смесь (БСТС) основе карбомидоформальдегидной смолы (КФС), для пластовых температур от 20 до 120°C, с регулируемым сроком отверждения от 10 минут до 8 часов [2]. Отвердителем КФС является комплексный термостойкий кислотный состав. Для регулирования плотности, вязкости Практически технология и тампонажный состав БСТС эффективно внедрены на скважинах № 36, 39, 37 Южно-Охтеурского месторождения. После изоляционных работ по скважинам получен средний прирост 5 т/сут по нефти.

#### Выводы

1. Анализом установлено, что ликвидация негерметичностей эксплуатационной колонны на месторождении характеризуется низкой успешностью — 53% и эффективностью — 0,5 тыс.т/скв./опер. Объясняется это отсутствием эффективных методов прогнозирования, технологий и составов для проведения РИР.



Рис. 5. Образец БСТС в лабораторных условиях

и кольматирующей способности БСТС используются различного типа наполнители (барит, асбест, древесная мука, опилки, фосфогипс и др.). Технология по ликвидации негерметичностей и основные рецептуры БСТС защищены патентами (Патент РФ № 136485, № 2439119). Перед проведением промысловых испытаний предлагаемая тампонажная смесь БСТС прошла лабораторные исследования с определением основных реологических свойств (рис. 5).

- 2. Для предотвращения нарушения герметичности ЭК раньше времени для нового фонда скважин предлагается бурение скважин по возможности осуществлять преимущественно с пологими траекториями, исключая пересечения прямолинейных траекторий и эксплуатационных колонн ниже глубин 1300 м (ниже интервалов динамических уровней работающих УЭЦН), это определяется с помощью модуля IRP RMS (ROXAR).
- 3. Для предупреждения негерметичностей эксплуатационных колонн скважин

- рекомендуется организовать мониторинг действующих скважин и учет результатов работ при бурении новых скважин.
- 4. Для решения проблем по водогазоизоляции в скважинах предлагаются технология на основе быстросхватывающейся тампонажной смеси, карбомидоформальдегидной смолы, вместо традиционного портландцемента.

#### Список литературы

1. Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Саранча А.В. Технология и составы для проведения в скважинах водоизоляционных работ на основе карбамидоформальдегидной смолы // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2014. — № 6. - C. 277–291.

- 2. Апасов Т.К., Мухаметшин В.Г., Апасов Г.Т., Саранча А.В. Исследования причин нарушения герметичности эксплуатационных колонн с применением модуля ігр гпя (гохаг) по Самотлорскому месторождению // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21993.
- 3. Канзафаров Ф.Я. Анализ эффективности методов увеличения пластов на Самотлорском месторождении // Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России. Мат. 6-й научно-техн. конф. и выст. РГУН и Г им. Губкина, 2005 г. М., 2005. С. 113–114.
- 4. Клещенко И.И., Григорьев А.В., Телков А.П. Изоляционные работы при заканчивании и эксплуатации скважин. М.: Недра, 1998.-268 с.
- 5. Мухаметшин В.Г., Завьялов В.В., Канзафаров Ф.Я. Определение причин и характер нарушения эксплуатаци-онных колонн Самотлорского месторождения для применения превентивных мер // Вестник ЦКР Роснедра. 2013. № 2. С. 18–24.

УДК 528.9

#### МНОГОМЕРНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ЗЕМЛИ, АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ

#### Косиков А.Г., Ушакова Л.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, e-mail: anatolygk@gmail.com, la.ushakova@mail.ru

В статье рассматриваются аспекты построения экспериментальных многомерных пространственновременных (3D растровых, временных) географических моделей Земли, Арктики и Антарктики. Обсуждается представление о многомерных пространственно-временных моделях, модифицируемая структура данных, методы формирования, пространственного анализа и визуального воспроизведения данного типа моделей. Указываются источники исходных пространственных и временных данных, и приводятся их основные типы. Описываются основные стадии проводимых авторами исследований по созданию моделей Земли и её полярных областей, и даются основные характеристики и параметры разрабатываемых моделей. Приводятся варианты визуализации построенных экспериментальных моделей Земли, Арктики и Антарктики в форме их виртуальных геоизображений с заданными свойствами. Обсуждаются перспективы описываемых исследований, и выделяется их значимость для решения научно-практических задач.

Ключевые слова: многомерные пространственно-временные модели окружающей среды, тематические признаковые пространства, виртуальные геоизображения, виртуальное моделирование

### MULTIDIMENTIONAL SPACE-TIME MODELS OF THE EARTH, ARCTIC AND ANTARCTIC

#### Kosikov A.G., Ushakova L.A.

Moscow State University n.a. M.V. Lomonosov, Moscow, e-mail: anatolygk@gmail.com, la.ushakova@mail.ru

The article discusses the aspects for creation of multidimensional space-time (3D raster, time) models of the Earth, the Arctic and the Antarctic. Discussed the notion of multi-dimensional space-time models, their modifiable data structures, methods of formation, spatial analysis and visual reproduction. Indicated sources of initial spatial and temporal data and provided their main types. Described the main stages of the authors conducted research on the models of the Earth and its polar regions construction and the main features of the developed models. Given options for visualization of the constructed experimental models of the Earth, the Arctic and the Antarctic in the form of their virtual geoimages with specified properties. Considered the perspectives of the reported studies, and highlighted their importance for solving scientific and practical problems.

Keywords: multi-dimensional space-time models of the environment, thematic feature spaces, virtual geoimages, virtual modelling

В поисках новых подходов к геоинформационному моделированию в целях исследований географической оболочки Земли, её физических полей, глубинного строения и геодинамики, взаимодействия внутренних и внешних (гидросфера, биосфера, атмосфера, ионосфера) геосфер и их влияния на окружающую среду, в рамках деятельности Центра геоинформационных технологий кафедры Картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова проводятся исследования, направленные на разработку и развитие новых методов, алгоритмов и программных инструментов построения, анализа и визуализации многомерных пространственно-временных моделей на примерах построения экспериментальных моделей Земли и её полярных территорий высокого и сверхвысокого разрешения. Эти исследования

служат основой для разработки общей концепции создания, функционирования и использования многомерных пространственно-временных моделей окружающей среды. Исследования в целом направлены на решение фундаментальной проблемы наук о Земле - «Разработку новых методологий, технологий, технических средств и аналитических методов исследований поверхности и недр Земли, ее гидросферы и атмосферы» и напрямую затрагивают направления фундаментальных исследований, как «Глобальные и региональные модели строения и формирования основных типов структур Земли» и «Геоинформатика, создание геоинформационных систем».

Главной задачей предпринимаемого исследования является разработка новой методологии и комплекса технологий, средств и аналитических методов иссле-

дований поверхности, гидросферы, атмосферы и недр Земли на базе развития методов построения, визуализации и анализа глобальной многомерной пространственно-временной модели Земли и региональных моделей её полярных областей. В рамках этой главной задачи решаются следующие основные задачи:

- разработка принципов создания, основ построения, функционирования, анализа и визуализации многомерных пространственно-временных моделей Земли, включая или её полярные регионы (далее моделей);
- поиск и подбор источников исходных данных для интеграции и моделирования;

- разработка, апробирование и отладка основных методов построения, анализа и визуализации *моделей*;
- разработка принципов генерализации данных моделей;
- построение моделей, проецирование геоданных в пространство моделей;
- разработка вариантов визуализации и дизайна виртуальных геоизображений;
- разработка методов анализа и использования моделей Земли и её полярных регионов для выполнения научных и научно-практических исследований, решения актуальных глобальных и региональных экологических проблем.

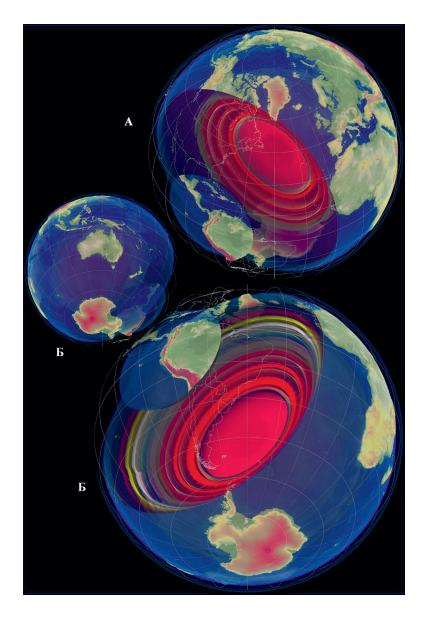


Рис. 1. Варианты визуализации экспериментальной модели Земли

В реализации данного исследования используется представление о многомерных пространственно-временных моделях, как о 4D и 3D-растровых, временных моделях, элементарные ячейки которых описывают состояния каждого заданного элементарного объёма реальной географической среды в различные моменты времени. Разрабатываемые методы построения, анализа и визуализации этих цифровых моделей опираются на модифицируемую структуру данных, позволяющую поддерживать различные категории данных, включая: номинальные, порядковые, интервальные и соотносительные. Среди этих категорий значения номинальных и порядковых данных рассматриваются в модели как категориальные или тематические, в то время как интервальные и соотносительные представляют непрерывные градации и считаются непрерывными. В структуре данных моделей категориальные данные могут также служить ссылками на записи баз данных, отдельные массивы данных и метаданные. Размещённые в моделях, на логическом уровне эти данные формируют объёмные временные поля значений в задаваемых тематических признаковых пространствах [1] с заданными свойствами. Изначально статичные, в развитии, эти модели в признаковых пространствах преобразуются в поддерживаемые непрерывным вычислительным процессом динамичные формы [4]. Возможность обработки больших массивов информации, содержащейся в моделях, обеспечивается использованием методов иерархического структурирования и сжатия данных. Модели формируются посредством проецирования пространственно-координированных географических данных в логически объёмное, трёхмерное пространство Разработка детализированной структуры данных и начального перечня свойств географической среды, описываемых элементарными ячейками экспериментальных моделей Земли и её полярных территорий применительно к различным уровням пространственного разрешения, является одной из ключевых задач выполняемых исследований. Характер представления данных в многомерных ячеистых пространственно-временных создаёт особые условия для виртуального моделирования [5]. Специальной задачей исследования является разработка вариантов графических интерпретаций моделей в виде различных видов электронных гео-

изображений [2], среди которых ведущая роль отводится наиболее универсальной форме — виртуальным геоизображениям [6] и их дизайну, методика создания которых описана нами в [4].

В качестве исходных географических данных для построения этих моделей используются находящиеся в открытом доступе цифровые модели поверхностей Земли; данные дистанционного зондирования; базы пространственных данных; наборы тематических временных географических данных площадной, линейной и точечной локализации; векторные и растровые тематические карты. Эти наборы данных перерабатываются и проецируются в модели Земли и её полярных областей. В их состав входят данные о строении Земли, тектонике и геологии, рельефе дна мирового океана и рельефе суши, свойствах вод океана и его ледового покрова, ледниках и водах суши, почвенном покрове и растительности и другие. Для каждой из моделей – Земли, Арктики и Антарктики – эти данные проецируются в разработанные начальные, далее индивидуально модифицируемые и расширяемые, структуры данных моделей.

При создании моделей Земли и её полярных регионов развиваются уже ранее сформированные методы и алгоритмы построения, пространственного анализа и визуализации данного типа моделей. Эти методы включают:

- методы проецирования данных, привязанных к цифровым моделям поверхностей, базам временных пространственных и других видов географических пространственно-координированных данных в логическое пространство цифровой записи модели;
- методы выполнения логических и арифметических операций над задаваемыми типами данных одной или многих областей (полостей) многомерных временных данных задаваемой формы;
- методы вычленения областей модели задаваемой формы в производные частные модели, получения параметрических срезов модели;
- методы выполнения пространственного и статистического анализа географических данных применительно к многомерным временным моделям;
- методы объёмной визуализации модели для получения как статических, так и динамических изображений по задаваемым параметрам и другие разработанные методы.

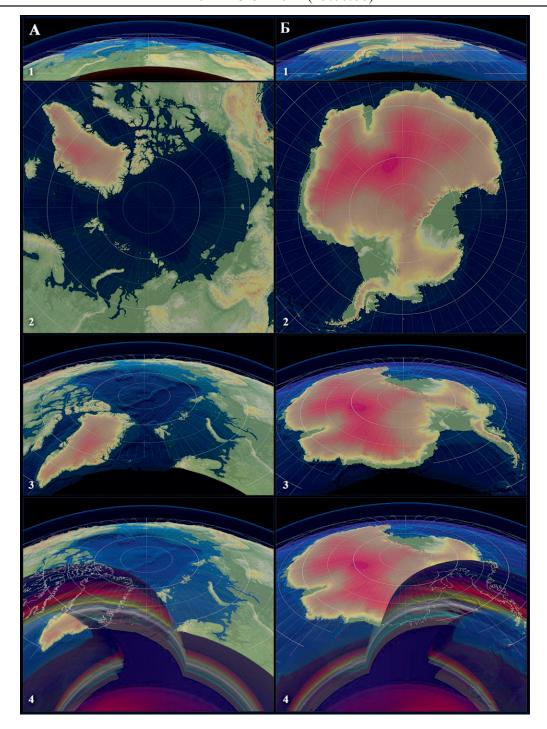


Рис. 2. Варианты визуализации моделей Арктики и Антарктики

В рамках исследования разрабатываются и апробируются новые методы и инструменты, необходимые для построения моделей, выполнения комплексного анализа моделей и их визуализации. Как структура данных, так и развиваемые методы построения, анализа и визуализации

многомерной модели описанного типа, являются новыми и до сих пор в мире не используются.

Выполняемые исследования имеют следующие последовательные основные стадии и частично перекрывающиеся этапы, которые включают следующие:

І. Разработка методов построения, поддержки функционирования, редактирования, анализа и визуализации многомерных моделей Земли, Арктики и Антарктики в базовом 3D-пространственном разрешении — 1 воксел к 500x500x500 м, включая разработку и детализацию структур представления данных.

II. Поиск, подбор и оценка источников геоданных для интеграции в модели, предварительная обработка данных, разработка методов необходимой генерализации, формирование баз данных моделей.

III. Построение моделей Земли, Арктики и Антарктики в базовом пространственном разрешении, проектирование геоданных в пространство моделей.

IV. Апробирование экспериментальных вариантов анализа и визуализации, получение экспериментальных статических и динамических изображений моделей.

V. Разработка методов построения, анализа и визуализации *моделей* в высоком и сверхвысоком 3D-пространственном разрешении (1 воксел = 10x10x10 м и более высоких).

VI. Построение *моделей* Земли и её полярных регионов высокого и сверхвысокого пространственно-временного разрешения.

VII. Разработка методов анализа и использования *моделей* сверхвысокого разрешения для выполнения научных и научно-практических исследований, решения актуальных глобальных и региональных экологических проблем.

В представляемом исследовании создаются цифровые многомерные модели Земли и её полярных регионов. Для общей модели Земли область модели определяется кубом с ребром 12986 км с центром в центре Земли.

На рис. 1 представлены варианты визуализации экспериментальной отладочной модели Земли с фигурным срезом заданной формы, на которых поверхности суши и дна океана отображены оттенками гипсометрической и батиметрической шкал, а условные слои внутреннего строения Земли показаны в заданных цветах:

А – вид со стороны Северного полюса,

Б – вид со стороны Южного полюса.

В качестве полярных регионов принимаются области Земли, расположенные:

А – севернее 60 градуса с. ш. – Арктический регион,

Б – южнее 60 градусов ю. ш. – Антарктический регион.

Для этих полярных территорий, кодируемые области реального пространства определяются параллелепипедами с размерами 7500x7500x1500 км, и включают части атмосферы, гидросферы и литосферы.

Сформированы начальные методы, базовые алгоритмы и программные инструменты, необходимые для построения, пространственного анализа и визуализации многомерных пространственно-временных моделей Земли, Арктики и Антарктики. Выполнены многочисленные построения экспериментальных вариантов этих моделей в различных пространственных разрешениях.

В приводимых иллюстрациях показываются разработанные в рамках проводимых изысканий различные, с разных ракурсов и различного отобранного содержания варианты визуализации экспериментальных отладочных моделей Земли и её полярных территорий разных уровней 3D-пространственного разрешения, содержащие от 1 728 000 000 до 175 616 000 000 ячеек.

На рис. 2 показаны варианты визуализации экспериментальных моделей Арктики и Антарктики, где поверхности суши и дна океана отображены оттенками гипсометрической и батиметрической шкал и представлены:

A-модель Арктики

(1 – вид с точки над Экватором, 2 – вид с точки над Северным полюсом, 3 и 4 – виды в произвольно заданном ракурсе сцены, 4 – с фигурным срезом заданной формы, с отображением условных слоёв внутреннего строения Земли в заданных цветах);

E-модель Антарктики

(1 – вид с точки над Экватором, 2 – вид с точки над Южным полюсом, 3 и 4 – виды в произвольно заданном ракурсе сцены, 4 – с фигурным срезом заданной формы, с отображением условных слоёв внутреннего строения Земли в заданных цветах).

Результаты данных исследований должны заложить основы подходов и методов к созданию и использованию моделирующих процессов отражающих происходящие в географической оболочке процессы и явления для решения прикладных и фундаментальных задач науки. На этой основе в дальнейшем могут быть созданы действующие модели Земли и её полярных регионов, которые уже на современном этапе развития технологии могут использоваться для решения многих глобальных и региональных научных и научно-практических задач, в том числе задач освоения и хозяйственного использования Арктического и Антарктического регионов и их природных ресурсов.

Текущие результаты, среди которых — экспериментальные модели Земли, Арктики и Антарктики, а также набор методов, алгоритмов и инструментов, обеспечивающий их построение и функционирование, являются первыми шагами к решению перспективной задачи исследований — построению интеллектуального интерфейса виртуальных многомерных пространственно-временных моделей окружающей среды со сверхвысоким разрешением.

#### Список литературы

1. Берлянт А.М. Виртуальные геоизображения. — М.: Научный мир,  $2001.-54\ c.$ 

- 2. Берлянт А.М. Теория геоизображений. М.: ГЕОС, 2006. 261 с.
- 3. Косиков А. Идеальные модели реальности для географических исследований // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2014. № 5. С. 81–87. http://journal.miigaik.ru/arhiv\_zhurnalov/2014/.
- 4. Ушакова Л., Косиков А. Картографический дизайн многомерных географических моделей // Геодезия и картография. -2014. -№ 12. -C. 29–37. http://journal.cgkipd.ru/archive/2014-december.
- 5. Косиков А., Ушакова Л. Виртуальное моделирование и многомерные географические модели // Успехи современного естествознания. -2016. № 2. С. 164-169.
- 6. Косиков А., Ушакова Л. Виртуальные геоизображения пространственно-временных моделей окружающей среды // Геодезия и картография. 2016. № 5. С. 43–51. http://journal.cgkipd.ru/archive/2016-may.

УДК 910.3

#### ВЛИЯНИЕ НАВОДНЕНИЙ НА ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ АМУРА

#### Махинов А.Н., Махинова А.Ф.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: amakhinov@mail.ru

В статье дана характеристика особенностей осадконакопления в пойме реки Амур во время прохождения крупных паводков. Описаны механизмы перераспределения элементов в пойменных почвах, уровни их концентраций и миграционная активность. Показана роль органического вещества наилков в процессах концентрирования химических элементов. Выявлены и проанализированы условия миграционной активности элементов и формирования почвенно-геохимических потоков в период прохождения катастрофического паводка 2013 года. Установлено, что миграционные потоки вещества характеризуются постоянством средних значений концентраций элементов и определенной частотой встречаемости зон их миграции. Дана классификация миграционных потоков для почв долины реки Амур. Предложены методы и алгоритмы оценки концентраций и миграционной активности элементов в почвенном пространстве и формирования геохимических потоков

Ключевые слова: наводнение, миграционная активность элементов, геохимические потоки

### FLOOD IMPACTS ON THE GEOCHEMICAL FLOWS IN THE SOILS OF RIVER VALLEY

#### Makhinov A.N., Makhinova A.F.

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, e-mail: amakhinov@mail.ru

The characteristic of deposition peculiarities in the Amur River flood plain during large-scale floods is given. The mechanism of elemental redistribution in floodplain soils, levels of their concentration and migration activity are described. The role of organic matter of deposit of spring floods in concentrating of elements processes is shown. The conditions of elemental migration activity and soil-geochemical fluxes formation during catastrophic flood of 2003 are revealed and analyzed. It was stated that migration flows of substance are characterized by constancy of average value of elemental concentration and definite frequency of their migration zone occurrence. The classification of migration flows for Amur River valley soils is given. The methods and algorithm of evaluation of elemental concentration and migration activity in soil and formation of geochemical fluxes are proposed.

Keywords: flood, elemental migration activity, geochemical fluxes

Катастрофические наводнения являются опасными природными угрозами и относятся к числу важнейших стратегических рисков России. На Амуре они обусловлены продолжительными интенсивными ливнями и случаются один раз в 20-25 лет. Уровень воды поднимается на 8-15 м, а скорость течения составляет 3-4 м/с. Наиболее высокие паводки отмечаются в Среднем и Нижнем Приамурье, на участках, где впадают Сунгари и Уссури. Подъем воды в Амуре и его основных притоках сопровождается высокой активностью русловых деформаций, размывом берегов и переотложением значительного объема терригенного материала на пойме [2]. Русловые процессы способствуют размыву почв, переносу и аккумуляции тонких фракций. Высокая активность русловых деформаций требует проведения берегозащитных и противопаводочных мероприятий.

Начиная с 2009 года, для реки Амур наступила фаза высокой водности, при которой происходит частое затопление поймы. Уровни подъема воды и русловые процессы оказывают большое влияние на миграцию химических компонентов в почвенном пространстве его долины. Наибольшая миграционная активность элементов проявляется в период катастрофических паводков и зависит от гидрохимического состава воды, продолжительности и скорости прохождения паводочной волны. Паводковые воды растворяют микроэлементы в почвах и способствуют их миграции на большие расстояния. Негативные последствия этих природных явлений обостряют экологические проблемы. Они проявляются в изменении качества пойменных почв, загрязнении их химическими компонентами и снижении плодородия.

Особое влияние на формирование геохимических потоков оказывают заболоченные территории и сельскохозяйственные угодья. При затоплении болот водные потоки выносят большое количество органических веществ на сопредельные территории, которые способствуют процессам растворения и миграции элементов. Подтопление больших площадей промышленных зон и сельскохозяйственных земель является причиной загрязнения почв тяжелыми металлами [3].

Однако закономерности осадконакопления в долинах рек и связанные с ним механизмы перераспределения химических элементов и формирование зон миграции изучены слабо. Раскрытие механизмов перераспределения концентраций элементов в почвах при наводнениях позволит оценить условия их миграционной активности.

Целью работы является комплексная оценка влияния наводнения и аллювиальных наносов на перераспределение химических элементов в почвах долины Амур.

#### Материалы и методы исследования

Исследованы особенности осадконакопления в пойме нижнего течения реки Амур при катастрофическом наводнении 2013 года. В качестве ключевых участков были выбраны пойменные острова Большой Уссурийский, Славянский, Волчьи-Бача, а также пойменные массивы в районах с. Малмыж и г. Комсомольск-на-Амуре. Изучались распространение, состав и мощность отложений, накопившихся на различных мезоформах пойменного рельефа за время паводка.

Разрабатываемые месторождения полезных ископаемых в долине Амура (Южно-Хинганское, Золотая гора и др.) рассматривались как геохимически аномальные районы, где подтопление во время крупных паводков способствует растворению определенных соединений и их миграции внутрипочвенным стоком на большие расстояния. В работе использованы методы сравнительного анализа полученных материалов и имеющихся опубликованных данных. Содержание химических элементов в отложениях поймы определяли методом спектрального анализа на спектроскане № 835 (Lif200). Определение количества общего углерода в почвах проводилось методом бихроматного окисления [1]. Для описания процессов миграции

химических компонентов использовались методы математического моделирования [6].

### Результаты исследования и их обсуждение

Водный режим и сток наносов. Река Амур имеет ярко выраженную многолетнюю изменчивость стока воды и наносов. Высокие (катастрофические) паводки, резкие сезонные колебания уровней воды и многорукавность русла контролируют миграционную активность элементов и интенсификацию почвенно-геохимических потоков в пойме. Максимальная скорость течения воды в Амуре в паводок 2013 г. достигала 4,0 м/с. Выход воды на пойму сопровождался уменьшением скорости до 1,5-2,0 м/с при глубине потока 1,5-2,5 м и интенсивной аккумуляцией наносов.

Наводнение активизирует процессы аккумуляции аллювия и переотложения наилкового материала. Основной объем аллювиальных наносов в форме гряд и прирусловых валов, вытянутых вдоль направления водных потоков происходил в прибрежной части поймы (до 300 м от берега). Большая мощность аллювиального слоя на пойме (170 см) способствовала изменению пойменного рельефа и состава отложений, трансформации вещества в почвах.

Природные особенности водосборной площади реки обусловливают высокую мутность воды, связанную с содержанием большой массы наилкового материала, тонкодисперсных фракций ила и органического вещества. Наилковый материал скапливается в ложбинах и понижениях внутренних участков поймы (табл. 1) [2].

**Таблица 1** Характеристика отложений поймы р. Амур, накопившихся в паводок 2013 г.

	Характеристик	Затоплен	Macca			
Зоны накопления наносов	Форма рельефа	Средняя высота над урезом, м	Мощность аллювия, м	Глубина, м	Продол- житель- ность, дни	наносов, т/100м <sup>2</sup>
Прирусловая пойма до10 м	Прирусловые валы	3–5	0,20–1,50	2–3	43	2700
Прирусловая	Шлейфы	2–3	0,10–1,20	2–3	48	2040
пойма 10–300 м	Ложбины	1–2	0,20-1,50	3–5	74	2180
Центральная	Понижения	0,5–2	0,05-0,15	3–4	112	350
пойма	Ложбины	0,5–1,5	0,10-0,30	4–5	98	760
	Основная часть поймы	2–3,5	0,01-0,02	3,5–4	67	2,5
	Гряды и релки	4–7	< 0,01	0,5–3	31	1,5

Район	рН	C _opr, %	Уровни миграционной	Валовое содержание макро- и микроэлементов в наилках					іентов			
			активности	0	<b>6</b>	в мг/кг						
				Fe	Mn	Ba	Zn	Pb	Cu	Co	Sr/Ni	
Остров Бол.	5,9	8,6	a{Ba,Pb,Zn,Mn	2,80	0,07	1578	59,90	28,30	1,70	19,3	299/10	
Уссурийский	6,3	2,3	f{Fe,Mn,Sr,Co d{Ni,Cu,Ba,Co	1,41	0,04	1430	29,90	32,50	сл.	16,4	275/сл	
Район	6,0	4,1	a {Fe,Ba,Zn,Pb	4,16	0,07	1560	66,80	28,20	5,80	21,6	339/12	
Комсомольска -на-Амуре	6,2	2,1	f{Mn,Ni,Sr,Co d{Mn,Cu,Ni,Co	2,60	0,06	1410	54,50	27,20	1,50	15,5	298/9	
Остров	6,1	3,1	a{Fe,Mn,Ba,Pb	3,20	0,08	1630	72,30	32,30	7,80	30,0	299/16	
Волчьи Бача	6,4	1,8	f{Pb,Mn,Zn,Sr d{Sr,Ni,Cu,Co,	1,30	0,04	1230	35,40	31,10	сл	19,0	192/сл	
Кларки элементов (литосф.) Виноградов, 1962				4,65	0,85	650	50	10	20	80	340/58	

Таблица 2 Качественный состав наилка наводнения 2013 г. в пойме Амура

П р и м е ч а н и е .  $C_{opt}$  определено по методу И.В. Тюрина в наилках (аналитик С.И. Левшина); валовое содержание макро- и микроэлементов — на спектроскане № 835 (Lif200) (аналитик К.В. Уткина).

Наилки оказывают влияние на физико-химические свойства почв. Разложение биомассы наилков способствует образованию агрессивных фракций фульвокислот, которые выщелачивают первичные минералы с образованием полуторных окислов  $(R_2O_3)$  и органо-минеральных соединений. При высоких концентрациях оксидов железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) происходит их сегрегация в железистые конкреции [4, 7]. Длительность паводка, высокое содержание терригенного материала интенсифицируют процессы трансформации вещества в почвах и миграционную активность элементов, способствуют возникновению геохимических потоков в почвенном пространстве.

Геохимические преобразования в почвах. Состав наилков и продолжительность затопления поймы оказывают влияние на массообмен и перераспределение концентраций элементов в приповерхностных горизонтах почв. Изменчивость концентраций элементов в почвах поддерживает процессы саморегуляции регионального геохимического фона территории. Пространственное распределение элементов в природных системах подчиняется законам термодинамики и направлено в сторону наименьших концентраций.

Уровни концентраций элементов оценивались по коэффициентам их концентраций относительно фона в слое 0—30 см (Kj), определяемых как отношение концентраций элементов в почвах к их содержанию в почвообразующей породе [4]. Выделено 3 типа уровней концентраций элементов:

1) a — уровни накопления элементов (Kj > 1,1);

2) f – уровни соответствия концентраций элементов их региональному фону (0,7 < Kj < 1,1);

3) d — уровни дефицита элементов (Kj < 0,7).

Уровни концентраций элементов в почвенном пространстве определяют состояние их рассеяния и функционально согласуются с их миграционной активностью и почвенно-геохимическими потоками [3].

Геохимические преобразования в почвах контролируются процессами окисления, обмена и явлениями сорбции, способствующими формированию зон концентраций элементов и геохимических потоков [3]. Анализ полученного материала указывает на обогащение почвенного пространства некоторыми микроэлементами (Ва, Рь, Zn, Fe, Мn) и их существенную связь с содержанием органического вещества в наилках (табл. 2).

Эффективность геохимических преобразований контролируется содержанием фоновообразующих элементов в почвенном пространстве и суммарным потенциалом тонких фракций органического вещества, привнесенного с наилками.

Геохимический фон территории бассейна Амура образуют железо и марганец, который поддерживают многочисленные месторождения железисто-марганцовых руд, в период паводка в долинах рек он может нарушаться [4]. При сильном разбавлении почвенных растворов паводковыми водами неоднородность разложенного органическо-

го вещества предполагает различные стадии диссоциации органических кислот в почве [5]. В этих условиях фоновообразующие элементы проявляют различные свойства и по-разному взаимодействуют с молекулами почвенного раствора. Например, при невысокой концентрации водородных ионов (pH > 6,0) механизмы помимо ионного обмена могут приобретать окислительный характер. Чаще всего процессы окисления и сорбции проявляются на коллоидно-дисперсных наилках с образованием комплексных ка-[FeHSO<sub>4</sub>]<sup>+</sup>, [FeHSO<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>, [CuHSO<sub>4</sub>]<sup>+</sup>, тионов которые при большой продолжительности наводнения могут испытывать гидролизные превращения по схеме

$$[AHSO_4]^{2+} + H_2O \rightarrow [A(OH)SO_4]^+ + 2H^+.$$

Важно отметить, что избыток воды в почве способствует диссоциации соединений макроэлементов с проявлением их низшей валентности  $Fe^{+}2$  и  $Mn^{+}2(+5)$ . Находясь в гидратированном состоянии с увеличением концентраций водородного иона (pH < 5,5), железо и марганец способны к образованию комплексных гетерополярных солей. Эти явления обычно возникают в верхнем обводненном слое почв, в присутствии растворимых органических кислот наилкового аллювия. Углеродсодержащие центры растворимых органических кислот связывают  $Fe^{+}2$  и  $Mn^{+}2(+5)$  в органо-минеральные комплексы, понижая их концентрацию в почвенном растворе.

Изменение концентраций фоновообразующих элементов Ге и Мп влияет на буферность раствора и интенсификацию процессов растворения некоторых соединений, содержащих медь, свинец, цинк с образованием катионов  $Cu^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ . Однако количественное распределение элементов в почвах трудно объяснить, сравнивая только эффекты зарядов катионов, потенциалы ионизации и радиусы атомов или изменение степени их литофильности. Установлено, что длительность паводка по времени (>10 дней) снижает прочность органо-минеральных соединений, повышает буферность почвенного раствора и интенсификацию процессов ионного обмена ряда элементов, что согласуется с их миграционной активностью (табл. 2). Учитывая, что большинство элементов в природе находится в связанном состоянии, ионная растворимость соединений и диссоциация солей зависят от содержания кислорода, рН и температурного режима паводковых вод.

На распределение элементов в почвенном пространстве определенную роль играют за-

болоченные территории. В болотных водах долины Амура отмечается высокое содержание органических взвесей и растворимых форм органо-минеральных соединений железа и марганца, которые в период наводнения выносятся на сопредельные территории. В наилках, содержащих органические коллоиды на поверхности дисперсных глинистых минералов, происходит изоморфное гетеровалентное замещение  $Mn^{+7}$ ,  $Al^{+3} \rightarrow Fe^{+3}$  с образованием слабого заряда на поверхности [7]. При больших концентрациях взвесей и температуры воды более 20°, в приповерхностном обводненном слое, постоянно отталкивающиеся отрицательно заряженные диспергированные частицы способствуют сольватации элементов и дальнейшей их сорбции на отрицательно заряженных микрочастицах [3]. Явление «сольватация → сорбция» приводит к повышению концентрации полиэлементов в верхних слоях аккумулятивных отложений. При высоких значениях водородного иона (рН < 5) органические кислоты вступают в реакции ионного обмена [5]. В многокомпонентных почвенных растворах соотношение органических кислот и различных форм макроэлементов (Fe<sup>2-3</sup>, Mn<sup>2-5-7</sup>) определяет миграционную активность многих элементов и создаёт условия для дифференциации почвенно-геохимических потоков.

Формирование почвенно-геохимических потоков. Распределение концентраций элементов в почвенном пространстве является косвенным показателем состояния миграционных потоков. Оно характеризуется:

- а) постоянством средних значений концентраций элементов;
- б) частотой встречаемости почвенногеохимических зон миграции и разнообразием миграционных потоков;
- в) определенными рядами миграционной активности элементов, соответствующих почвенно-геохимическим зонам миграции;
- $\Gamma$ ) различным составом элементов и уровнями их миграции (*a-f-d*).

Миграционная активность элементов определяет состав почвенно-геохимических потоков, а частота их встречаемости — геохимические зоны миграции. Интенсификация геохимических потоков в почвах и вынос растворенных веществ при невысокой сорбции подчиняется закону гравитационной силы [6]:

$$F_g = p_b g h = [p_b (W - W_m) (W_p - W_m) z g/L] (\sin \alpha) =$$

$$= [M g/L] (\sin \alpha),$$

где  $F_{g}$  — гравитационные силы миграционных потоков;  $p_{h}$  — плотность почвы;

g — ускорение силы тяжести; h и W высота и влажность почвы;  $W_p$  и  $W_m$  — полная и максимальная влагоемкость почвы; M — запасы подвижной влаги; L — активная пористость; z — координата;  $\sin \alpha$  — уклон поверхности. Уравнение можно использовать для расчетов и анализа распределения элементов в профиле почв.

Геохимические потоки осуществляют массоперенос растворимых веществ и диспергированных фракций наилкового материала по поровому пространству почв, называемой «транспортной зоной». Движение почвенных растворов контролируется условиями водной миграции:

$$J_{m}f(V_{c}) = [F_{g}(M/L)C_{m}p_{b}\sin\alpha],$$

где  $J_{m}$  — интенсивность массопереноса,  $f(V_{c})$  скорость передвижения почвенного раствора по поровому пространству,  $C_{m}$  — общая концентрация элементов в почвенном растворе.

Обогащенные почвенные растворы фильтруются в двух направлениях: а) нисходящие потоки и 2) боковые, обусловленные образованием напора наклонной поверхности. Распределение концентраций химических элементов (Сji) в почвенном пространстве можно характеризовать функцией координат пространства и времени:

$$\sum\nolimits_{j}^{n}C_{ji}=\sum\nolimits_{j}^{n}k_{ji}f(x,y,z,t).$$

В условиях непрерывного безнапорного режима фильтрации почвенного раствора распределение концентраций элементов  $\left(\sum_{j}^{n} C_{ji}\right)$  в почвенном пространстве, разделенных расстоянием (r), можно описать уравнением неразрывности:

$$D_{U}(rt)\sum_{j}^{n}C_{jr} \leq \left[U_{i}(x+r)-U_{i}(x)\right]^{2} \hat{t} =$$

$$= \left(gradC_{ji}\right)_{r} \hat{t},$$

где  $D_U(rt)\sum_j^n C_{jr}$  – характеристика почвенного раствора в определенном объеме точки r в момент времени  $^t$ , на бесконечно малом расстоянии (r), условно считаем, что температурный градиент  $t^0$  – const.

Транспортирующая способность геохимического потока является функцией основных характеристик почвы и рельефа. Зона миграции элементов определяется рядами активности элементов, перешедших в раствор, и для различных соединений неодинакова [3]. При напорном боковом движении насыщенного почвенного раствора концентрация элементов в определенных условиях возрастает, в рядах их миграционной активности происходит «перестройка». Например, миграционная активность элементов в ряду (точка  $m_1$ ) Fe > > Al > Cu > Pb > Zn > Co > Ni снижается, и в точке  $m_2$  наблюдается другой ряд геохимической активности — Al > Cu > > Fe > Zn > Pb > Co > Ni или Fe > Al > Cu > > Zn > Pb > Ni > Co [2].

Таким образом, каждый тип миграционного потока характеризуется определенной неоднородностью элементов, соответствующих уровням их активности и определяемым степенью отклонения концентраций элементов от средних значений фона. Анализ условий осадконакопления и содержания взвешенных и растворимых форм элементов в пойме Амура во время паводка 2013 года позволил выделить 4 типа миграционных потоков:

- 1 аккумулятивные, обусловленные накоплением наилков в центральных частях пойменных массивов;
- 2 эолово-аккумулятивные, связанные с накоплением преимущественно песчаного терригенного материала в прирусловой части;
- 3 аквапотоки, действующие во время наводнения;
- 4 почвенно-геохимические потоки вещества в составе почвенного раствора.

Выделенные типы миграционных потоков согласуются с геохимическими процессами в почвах, частота их встречаемости связана с миграционной активностью элементов, которые определяют границы зон их миграции.

Исследованные почвенно-геохимические потоки поддерживают годовой геохимический цикл и характеризуются неоднородностью в пространстве и нестационарностью во времени. Состояние геохимических потоков определяет распределение элементов в почвенном пространстве.

#### Заключение

Перераспределение элементов в почвах долины Амура в период наводнения контролируется их миграционной активностью и межфазными взаимодействиями почв. Основными факторами геохимического преобразования в почвах являются:

- а) содержание фоновообразующих элементов группы железа и концентрация водородного иона в почвенном растворе;
- б) особенности осадконакопления и длительность паводка, определяющие интенсивность трансформации вещества и механизмы формирования геохимических потоков;

в) количество и качество органического вещества наилков.

Оценка условий концентрации и миграционной активности элементов в почвах долины Амура позволила выделить 4 типа миграционных потоков, обусловленных процессами аккумуляции аллювия, плоскостного смыва и перераспределением вещества в составе почвенных растворов.

Разнообразие геохимических потоков в почвах характеризуется постоянством средних значений концентраций элементов и частотой встречаемости зон миграции, а также определенными рядами миграционной активности элементов, соответствующих различным уровням миграции (a-f-d).

Работа выполнена при поддержке проекта № 15-I-6-061 РФФИ – ДВО РАН.

#### Список литературы

- 1. Бельчикова Н.П. Определение гумуса почв по методу И.В. Тюрина // Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 56–62.
- 2. Махинов А.Н., Лю Шугуан. Формирование рельефа русел и берегов рек. Хабаровск: ДВО РАН, 2013. 174 с.
- 3. Перминова И.В. Гуминовые вещества вызов химикам XXI века // Химия и жизнь. -2008. -№ 1. -C. 50–55.
- 4. Смагин А.В. Теория и методы оценки физического состояния почв // Почвоведение. 2003. № 3. С. 328–341.
- 5. Makhinova A.F., Makhinov A.N., Kuptsova V.A., Liu Shuguang, Yermoshin V.V. Landscape-Geochemical Zoning of the Amur Basin (Russian Territory) // Journal of Pacific Geology. 2014. Vol. 33. № 2. P. 76–89.
- 6. Makhinova A.F., Makhinov A.N., Kuptsova V.A., Yermoshin V.V. Geochemical differentiation of soil in the Amur Basin (Russian Part) // Journal of Geochemical Exploration. 2013. Vol. 45, № 6. P. 89–98.
- 7. Senesi N., Loffredo E. Metal Iron Complexation by Soil Humic Substance // Chemical Processes in Soils. Madison: Soil Science Society of America, 2005. P. 563–617.

УДК 911.2

# КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ И ОКЕАНИЧЕСКИЕ ГЕОСИСТЕМЫ: ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ЕДИНСТВО И РАЗЛИЧИЕ

#### Напрасников А.Т.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: napev@irigs.irk.ru

Обоснована концепция географо-гидрологического единства геосистем на положениях оптимума физико-географического процесса и метода гидролого-климатических расчетов. Прежние тезисы уточнены и дополнены географическим содержанием. Приведены уравнения водного эквивалента радиационного баланса, максимально возможного климатического испарения за годовые и месячные периоды. В математической форме обоснованы отношения оптимальных условий увлажнения геосистем. Результаты анализа сопоставлены с известными гидрологическими параметрами суши планеты и Мирового океана. Выявлена планетарная континуальность геосистем: функциональный инвариант гидролого-климатического процесса, разность осадков и климатического испарения. Они рассматриваются как потенциальный ресурс развития геосистем и фактор их управления. На расчетах оптимума физико-географического процесса (эквивалентного равенства тепла и влаги) и отклонениях от него составлена схема географо-гидрологической организации геосистем континентов и океанов. Аргументировано положение, что в настоящее время планета находится в оптимальной тепловлагообеспеченности.

Ключевые слова: континентально-океанические геосистемы, географо-гидрологический процесс, климатическое испарение, атмосферные осадки, нормы оптимизации геосистем

#### CONTINENTAL AND OCEANIC GEOSYSTEMS: THE GEOGRAPHICAL-HYDROLOGICAL UNITY AND DIFFERENCE

#### Naprasnikov A.T.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkytsk, e-mail: napev@irigs.irk.ru

The rationale is presented for the concept of the geographical-hydrological unity of geosystems based on the statements of the optimum of the physical-geographical process and the method of hydrological-climatic calculations. New equations of the water equivalent of radiative balance, a maximum possible climatic evaporation for yearly and monthly periods, are provided. The optimum humidification conditions for geosystems are substantiated in mathematical form. The results of analysis have been correlated with the known hydrological parameters of the land surface of the globe and of the World Ocean. The study revealed a planetary continuality of geosystems: the functional invariant of the hydrological-climatic process, and the difference of precipitation and climatic evaporation. They are regarded as a potential resource of development of geosystems and as a factor for their governance. Calculations of the optimum of the physical-geographical process (an equivalent equality of heat and moisture) and the deviations from it were used to generate the scheme of geographical-hydrological organization of geosystems of continents and oceans. Arguments are provided in favor of the statement that nowadays the planet is in the regime of optimum heat and moisture supply.

Keywords: continental-oceanic geosystems, geographical-hydrological process, climatic evaporation, atmospheric precipitation, optimization norms of geosystems

Проблема общности континентальных и океанических геосистем возникла давно. Рассматривалась она с позиций многофункциональных связей, что вносило некоторую неясность в их обоснование. Основной целью настоящей работы явился географогидрологический поиск связей, а точнее функциональных инвариантов, единых для континентальных и океанических геосистем. В этой связи объектом исследования определены континентальные и океанические геосистемы, предметом — единый для них географо-гидрологический процесс.

#### Основы географо-гидрологической организации геосистем

Географо-гидрологический синтез тепла и влаги, континентальных и океанических геосистем осуществлялся на положениях

концепции интенсивности физико-географического процесса, обоснованной А.А. Григорьевым [6]. Её теоретические и практические основы уточнены М.М. Будыко [5], В.С. Мезенцевым [9] и другими. Концепция инвариантов обосновывалась на эквивалентном равенстве ресурсов влаги и тепла. К настоящему времени география и гидрология сформировали четкие представления об оптимуме физико-географического процесса, роли в нем тепла и влаги. Вместе с этим возникла необходимость дополнения ее новейшими научными достижениями. Обозначим их в тезисной форме.

1. Тепло — это мера увлажнения. Если тепло не испаряет всю влагу, формируются гумидные геосистемы, при увеличении климатического испарения над атмосферными осадками — аридные.

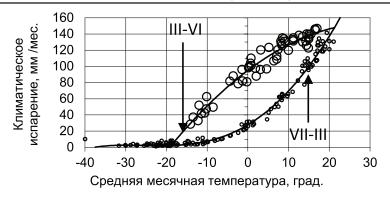


Рис. 1. Корреляция климатического месячного испарения с температурами воздуха

- 2. Метод гидролого-климатических расчетов основан на общности водного и энергетического балансов. Он разделяет атмосферную влагу (X) и радиационное тепло, представленное климатическим испарением (Ек), на гидрологические составляющие, объединенные степенным параметром n. Испарение (E) представлено уравнением  $E = \text{Ek}[1+(\text{Ek}/\text{X})^n]^{-1/n}$ .
- 3. Параметр n обоснован как функция:  $n_0 = -0.301/\text{lgEyb.n./Ek}$ . Эта корреляция определена нами: n ув.п. = 11,62 (Еув.п./Ек) 6,2, где Еув.п. испарение с увлажненной поверхности [9]. Также обоснована связь параметра n с коэффициентом атмосферного увлажнения (X/Ek):  $n_x = -1.31(\text{X/Ek}) + 4.2$ . Эти функции, отражающие состояние тепла и влаги, являются своеобразной осью, на которую как бы нанизаны соответствующие режимы геосистем планеты.
- 4. Совокупность энергетических преобразований подчиняется единому географо-гидрологическому инварианту (β ув.п.), отношению затрат энергии на испарение с увлажненной поверхности (Еув.п.) к радиационному, то есть климатическому испарению (Ек).
- 5. Информация по испарению с увлажненной поверхности представлена в монографии [7]. Обобщена и выражена нами корреляцией с суммой температур воздуха ≥ 10 °C: Еув.п. = 0,169T + 308 мм. Данные по радиационному балансу ограничены и определяются через изученные температуры воздуха. Климатическое месячное испарение (Ек.м.) рассчитано по данным станций Байкальского региона (рис. 1).

Ек.м.(III–VI мес.) = 
$$-0.061t^2 + 3.7799t + 95.033$$
,  $R^2 = 0.95$ ;

EK.M.(VII–III mec.) =  $-0.00001t^4 + 0.0009t^3 + 0.1085t^2 + 3.0124t + 27.847$ ;  $R^2 = 0.98$ .

Здесь имеют место две корреляции: — зимне-весенняя (III–VI мес.), характеризующая связь от весеннего равноденствия (20–21 марта) до летнего солнцестояния (21–22 июня), и летне-зимняя (VII–III мес.). Месячные суммы климатического испарения за год хорошо коррелируют с суммой температур воздуха выше  $10\,^{\circ}$ С:  $\Sigma$  Ек.м. = 0,139T + 474. Обоснование достоверности изложенных положений приводится в следующем разделе.

#### Расчеты водного баланса географо-гидрологическим методом

По данным «Мирового водного баланса...» [10], в пределах всей суши планеты осадки равны 800 мм, испарение – 485 мм. рассчитать испарение, равное 485 мм, необходимо знать климатическое испарение. Не располагая такими данными, испарение определялось по трем водным эквивалентам радиационного баланса, то есть климатического испарения (Ек): 600, 700 и 800 мм. Наиболее близкие значения к реальному испарению (485 мм), получены расчетные величины испарения при 600 мм и n = 2; 700 мм, при n, равном 1,5 и 800 мм при n = 1,25. Во всех случаях диапазон расчетного испарения составил 481-496 мм. Наиболее вероятное испарение обеспечило (Ек), равное 700 мм, с параметром n = 1,5. Установленные коэффициенты увлажнения в трех вариантах составили 1,1-1,26. Следовательно, геосистема суши планеты переувлажнена и находится в оптимально избыточном увлажнении.

На о. Новая Гвинея, по данным [10], среднее количество осадков равно 3080, испаряется 1210 мм. По расчетам климатического испарения 1500 и осадках 3080 мм, при n = 1,25; 1,3 и 1,4, а также при 1600 мм

и n = 1,25 диапазон расчетного испарения с суши составит 1172—1231 мм. В этих пределах находится вышеприведенная цифра 1210 мм. Диапазон параметра n составил: 1,25—1,4, а коэффициента увлажнения — 2,12—2,26. На острове выпадает значительно больше осадков, чем может испариться.

Во внутренних континентальных геосистемах достоверность расчетов, составляющих водного баланса, определялась по данным Байкальского региона и приведенным корреляциям. Установлено, что испарение следует рассчитывать при n=3.

В расчетах для водной поверхности океанов использованы данные, приведенные в [4]. Для Северного, Южного полушарий и всей акватории Мирового океана были определены элементы водного и теплового балансов. Климатическое испарение (Ек), соответственно, составило: 1260; 1378 и 1323 мм; испарение с водной поверхности (Е0): 1119, 1130 и 1125 мм; атмосферные осадки (Х): 1167; 916 и 1042 мм при п: 3,3; 2,9 и 3,2, а коэффициенты атмосферного увлажнения  $(X/E\kappa) - 0.9$ ; 0,7; 0,85. На океаническую поверхность выпадает меньше осадков, чем испаряется. Следовательно, геосистемы океана находятся в зоне недостаточного атмосферного увлажнения, но весьма близки к оптимальному увлажнению суши. Это свидетельствует о едином функционировании океанических и континентальных геосистем, обеспечивающих оптимальный режим увлажнения.

Таким образом, элементы водного баланса геосистем возможно определять географо-гидрологическим методом. Он отражает их естественную динамику планетарного географо-гидрологического процесса.

#### Анализ географо-гидрологического процесса

Изложенные примеры позволяют перейти к анализу тренда географо-гидрологического процесса и оценке его роли в пространственной организации составляющих водного и теплового балансов. Приведенный водно-энергетический баланс показал, что количественные изменения гидрологического процесса определяются соотношением тепла и влаги: (коэффициентом увлажнения) и их разностью — водно-энергетическим потенциалом.

Теографо-гидрологическое функциональное единство континентальных и океанических геосистем анализировалось посредством связей разностей  $(\pm \Delta X)$  с коэффициентами атмосферного увлаж-

нения ( $\beta_x$ ). На большом статистическом массиве данных получены следующие корреляции (рис. 2). Геосистемы группируются по водно-тепловому потенциалу. Границы разностей являются не только барьерами, но и частью географического континуума. В практике хозяйственной деятельности к таковым относятся орошение и осушение земель.

Направляющим вектором гидрологического процесса является разность тепла и влаги, стремящаяся к нулевым, оптимальным значениям. В этих условиях избытки влаги просто выбрасывает интенсивным стоком, а избытки тепла выносятся конвективными потоками. Тренды графиков (рис. 2) фиксируют единую направленность планетарных изменений режимов увлажнения. Эволюционный вектор водно-энергетического процесса направлен от крайне аридных геосистем к крайне гумидным, в которых выражается равенством влаги и тепла, то есть оптимальным соотношением.

Последовательность процесса следующая. В областях недостаточного увлажнения закономерно уменьшается дефицит влаги с ростом коэффициентов увлажнения. В областях оптимального увлажнения, благодаря структурной емкости почв и атмосферному равенству тепла и влаги, избытки влаги в пределах 500-1000 мм стабилизируются. Это оптимальное количество влаги, которое может вместить деятельный слой почвогрунтов. Последующее увеличение атмосферного увлажнения сопровождается формированием гидроморфных почв, развитием на их поверхностях водоемов. Это переход от континентальных геосистем к океаническим. Согласно графикам, нулевые значения разностей тепла и влаги начинают исчезать на континентах при коэффициентах увлажнения 2-3, а в мировом океане 3–4.

#### Картографическое отображение географо-гидрологической организации геосистем

Отмеченные разности (дефициты и избытки влаги) определялись для почвенных комплексов на основе Почвенной карты мира [11]. В анализе планетарной организации геосистем учитывалась карта разностей осадков и максимально возможного испарения на континентах планеты [1]. Подобная карта на акваторию Мирового океана приведена в монографии [10]. Литературный обзор по данной тематике приведен в работе [7].

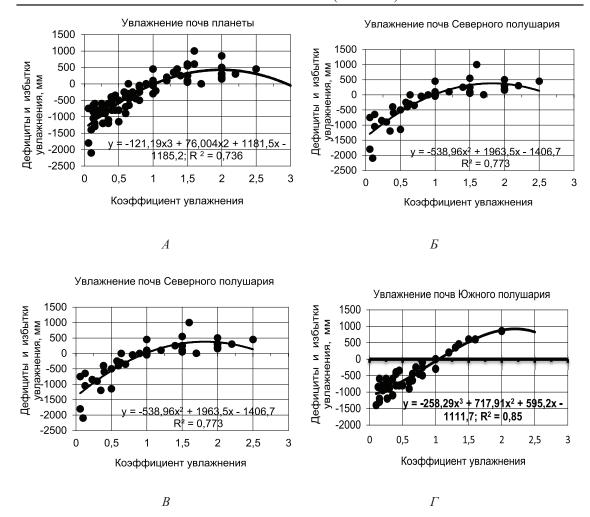


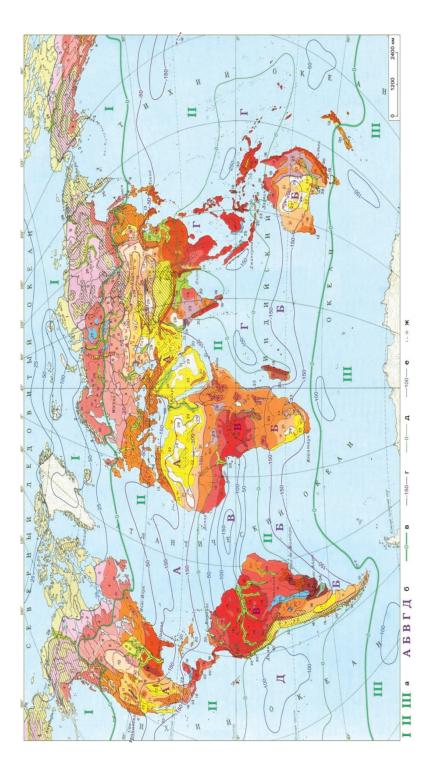
Рис. 2. Корреляции между дефицитами, избытками влаги  $(\pm \Delta X)$  и коэффициентами атмосферного увлажнения  $(\beta)$ 

Планетарная геосистема. На приведенных положениях составлена «Схема географо-гидрологической организации геосистем планеты» (рис. 3). Геосистемы разных уровней сгруппированы по единому признаку — дефицитам влаги и тепла, определенных относительно их оптимальных соотношений. Изолинии отражают разность атмосферных осадков и климатического испарения. При этом содержание карты не ограничилось отражением естественных дефицитов или избытков влаги. Схема несет информацию об оптимизации антропогенных геосистем.

Обоснованы три крупных географо-гидрологических пояса планеты: два холодных полюсных (арктический (I) и антарктический (II)) и один теплый внеполюсный (II), центральный. В полюсных преобладают геосистемы избыточного увлажнения,

а в неполюсном – как недостаточного, так и избыточного увлажнения.

Подобная дифференциация созвучна с планетарными физико-географическими поясами - тропическим и двумя внетропическими, предложенными К. Троллем [12], которые считаются выражением общепланетарной зональности. Ученый одним из первых представил всю область геосистем планеты с наземной жизнью в виде обобщенной графической модели. Предлагаемая нами географо-гидрологическая модель поясов не выходит за ее пределы. А.Г. Исаченко [8] выделил пять крупных географо-климатических поясов: два холодных гумидных, два жарких аридных и один жаркий гумидный. При их генерализации получим три уже приведенных пояса с преобладающими условиями тепловлагообеспеченности.



– красно-желтые ферраллитые влажных тропических лесов, 19 — красные ферраллитные высокотравных саванн, 20 – коричнево-красные и красно-бурые саванн — Индокитай — Индонезийская (оконтуриваемые нулевой изолиний); в — нулевые изолинии между планетарными географо-гидрологическими поясами; г — зональные Puc. 3. Схема географо-гидропогической организации геосистем планеты. Усповные обозначения к puc.3: a—планетарные пояса: I—полюсный арктический, II внеполюсный центральный, III – полосный антарктический; 6 – континентально-океанические геосистемы: А – Сахаро-Атлантическая, Б – Австралия-Южнои тундровые, 2 — дерново-торфянистые, 3 — мерзлотно-таежные, подзолистые, 4 — подзолистые, 5 — дерново-подзолистые, 6 — серые лесные, 7 — бурые лесные. 8 – черноземовидные прерий, 9 – черноземы, 10 – каштановые, 11 – бурые полупустынные, 12 – серо-бурые пустынные, 13 – желтоземы и красноземы влажных субтропических лесов, 14 – красновато-черные прерий, 15 – коричневые сухих лесов, 16 – серо-коричневые кустарниковых степей, 17 – сероземы полупустынь, и региональные изолинии дефицита влаги в см; д – зональные и региональные избытка влаги в см; е – 1-31 – почвенные комплексы: 1 – арктические 24-дуговые, 25-болотные, 26-солончаки, 28-алловиальные, 29-пески, 30-горно-луговые и горные лугово-степные, 31-высокогорные пустынные I – красновато-бурые опустыненных саванн, 22 – пустынные субтропические и тропические, 23 – черные и серые тропические, Африканская (оконтуриваемые изолинией минус 150 см), Д—Андо-Тихоокеанская (оконтуреваемая нулевой изолинией); В—Конго-Амазонская, и сухих лесов, 2

Полюсные геосистемы. На планетарном уровне границей между поясами служит нулевая разница атмосферных осадков и климатического испарения. Она разделяет геосистемы избыточного и недостаточного увлажнения. В Северном полушарии граница Арктического пояса (I) проходит южнее Северного полярного круга по южной окраине подзолистых почв и их горных модификаций. В метровом слое этих почв средняя годовая влажность превышает наименьшую влагоемкость. В почвах Заполярья она достигает полной влагоемкости или накапливается на поверхности, формируя небольшие водоемы, постоянные снежники и ледники. Ближе к Северному полюсу на океанических островах распространены арктические и дерново-торфяные субполярные почвы, которые ограничиваются изолинией в 250 мм избыточного увлажнения.

В восточном секторе океана и на о. Гренландия избыток увлажнения достигает 500 мм. В данном ареале имеет место и нулевое равенство осадков и климатического испарения. Это характерно пустынным локальным фациям с минимальными осадками и ресурсами тепла. В районе Северного полюса избыток влаги изменяется в пределах 250–500 мм.

В Южном полушарии граница Антарктического пояса (III) проходит северней Южного полярного круга, приближается к 40° ю.ш. Он самый высокий и холодный материк. Атмосферные осадки в центре материка составляют 50–100 мм, по окраинам — 400–600 мм. Из них на питание ледникового покрова или избыточное увлажнение тратится в центре материка 50–100 мм. Содержание обоих полярных поясов циркумполярное, асимметричное. Между ними сформировался внеполярный (II), теплый пояс географо-гидрологических процессов с дефицитами и избытками влаги и тепла.

Геосистемы умеренного пояса планеты. Внеполюсная геосистема включает природные комплексы недостаточного и избыточного увлажнения, а также водные массы океанов. В Европе, Сибири, в Северной Америке к югу от нулевой разницы осадков и климатического испарения зональной полосой протянулись дерново-подзолистые почвы. На их южной границе недостаток увлажнения достигает 250 мм. С большим недостатком атмосферного увлажнения сформировались черноземы и отдельные фрагменты серых лесных почв степей и лесостепи. Бурые лесные почвы смешанных лесов приурочены к краям континентов,

к сфере увлажняющего влияния океанов и морей. На их южной границе недостаток влаги достигает 500 мм.

Несмотря на разные формы океанических воздействий, в Евразии и Северной Америке сформировались единые географогидрологические центры континентальных геосистем. Они представлены каштановыми почвами сухих степей, бурыми полупустынными и серо-бурыми пустынными с дефицитом влаги более 750–1000 мм. Это наиболее устойчивые ядра недостаточного увлажнения континентальных ландшафтов. Являются они не столько организующим началом, сколько физическими центрами, относительно которых линейно или концентрически представлены зональные полосы внутриконтинентальных геосистем.

Теосистемы экстремальноаридного увлажнения тропиков. К ним относятся: Сахаро-Атлантическая (А), Австралийская Африкано-Южноамериканская (Б) и Андо-Тихоокеанская (Д) геосистемы. Находясь в сферах влияния Северного и Южного тропиков, для них характерно малое увлажнение, высокая теплообеспеченность, тропическая циркуляция воздушных масс, частые проявления антициклонов, редкая облачность.

Сахаро-Атлантическая геосистема включает ландшафты Сахары, Аравийского полуострова, Иранского нагорья, Гоби, юга Северной Америки, Багамские и Большие Антильские острова, и прилегающие акватории Атлантического океана. Характеризуются они экстремальной тепло-влагообеспеченностью. В Сахаре выпадает 10-25 мм осадков, испарение минимальное, дефицит влаги составляет 2000-2500 мм. В Атлантическом океане в районе Багамских островов сумма осадков достигает 800-1200 мм, испарение с водной поверхности больше 2400 мм. Общий дефицит атмосферной влаги составляет более 1500 мм.

Австралийская Африкано-Южно-американская геосистема включает центральную часть Австралии, опустыненные ландшафты юга Африки и Южной Америки, воды Южного тропика Индийского и Атлантического океанов. На острове Австралия осадки равны 150–300 мм, испарение — 150–200 мм, максимальный дефицит влаги — 1500–2000 мм. На юге Африки и Южной Америки выпадает 100–400 мм атмосферных осадков, испарение изменяется в пределах 100–200 мм, максимальный дефицит влаги составляет 1000–1500 мм и более. В Атлантическом и Индийском

океанах на локальных водных поверхностях испарение превышает количество осадков на 800–1200 мм. Оконтуривается вся геосистема изолинией дефицитов влаги в 1500 мм.

Андо-Тихоокеанская геосистема включает ландшафты подножья гор Анд и прилегающие воды Тихого океана. На суше преобладают серо-коричневые, коричневые, каштановые и черноземные почвы степей пустынь и саванн. С водной поверхности Тихого океана испаряется около 800 мм, а осадков выпадает 800-1200 мм. Дефицит влаги изменяется от нулевых значений до 500-1000 мм. При повышенном притоке атмосферной влаги геосистемы тропиков могут коренным образом измениться до оптимального увлажнения, что неоднократно повторялось в прошлые климатические эпохи. Но для этого потребуется дополнительный колоссальный приток атмосферных осадков. При потеплении климата аридные ландшафты практически не изменятся, так как находятся на крайнем пределе недостаточного увлажнения.

Геосистемы экстремальногумидного увлажнения экватора. Между континентально-океаническими геосистемами тропиков с крайне низким увлажнением сформировались ландшафты повышенного экваториального увлажнения: Конго-Амазонская (В) и Индокитай-Индонезийская (Г). По их внешней границе проходит изолиния нулевых разностей. На суше по периферии она окаймляет оптимальные и временно переувлажненные коричнево-красные почвы саванн. В центре территории избыток влаги достигает 1500 мм.

В бассейне р. Амазонки почвы красножелтые ферраллитные постоянно влажных тропических лесов. Атмосферные осадки выпадают в пределах 2000—3200 мм/год, испарение равно 1000—1250 мм. Избыток атмосферных осадков составляет 1000—2000 мм. В бассейне р. Конго выпадает около 1600—2000 мм осадков, испарение равно 1000—1250 мм, избыток влаги достигает 500—1500, в пределах водной поверхности Атлантического океана избыток атмосферного увлажнения составляет около 1500 мм.

Индокитай-Индонезийской геосистеме характерны красно—желтые ферраллитные почвы влажных тропических лесов. Количество осадков колеблется в больших пределах (2750—3200 мм), а испаряется 1250—1600 мм, избыток увлажнения достигает 2000 мм.

Склоновые геосистемы с экстремальными режимами не формируют тотального

переувлажнения почв. Избыточный приток атмосферных осадков нейтрализуется мощным тепловым испарением, инфильтрацией и гидравлическим сбросом вод, которые снижают влажность почв до оптимального увлажнения. Однако в долинах и на равнинах избыток влаги накапливается в аллювиальных и болотных почвах с временным слоем воды над их поверхностью. В современных климатических условиях в увлажненных геосистемах экватора избыток влаги не превышает 2000 мм. Это влага переувлажненных почвогрунтов (2,5-5,0 м) в пределах наименьшей и полной влагоемкости. В периоды засух она частично компенсирует недостаток атмосферных осадков. В условиях повышенного притока осадков избыток влаги нейтрализуется мощным гидрологическим стоком. Переувлажнение почв остаётся устойчивым. Видимо, данный процесс преобладает в эволюции геосистем. Подтверждением являются сохранившиеся к настоящему времени самые древние почвы экватора [2]. По приведенным данным, континенты переувлажнены, атмосферных осадков над акваторией океанов выпадает несколько меньше, чем испаряется.

#### Заключение

Концепция оптимума физико-географического процесса и метода гидрологоклиматических расчетов внесли в теоретическую и практическую гидрологию географический фактор – «точку» отсчета развития гидрологического процесса. Функциональный инвариант - соотношение между испарением увлажненной поверхности и климатическим, расширил рамки определения составляющих водного и теплового балансов. Представленная схема (рис. 3) отразила индивидуальные свойства континентальных и океанических геосистем и, вместе с этим, их общность. Все геосистемы являются частями географо-гидрологического континуума

В работе отмечена тенденция прогнозных изменений геосистем. Прослеживается неоднозначный отклик на похолодание или потепление климата с вариациями повышенного или пониженного увлажнения. Если современные и прогнозные состояния увлажнения будут совпадать, то не следует ожидать каких-либо преобразований, но при противоположных тенденциях режимы геосистем коренным образом изменятся. Следовательно, начнет изменяться только

часть геосистем. В настоящее время планета находится на пике оптимального увлажнения, что, видимо, является признаком наступления холодного периода с продолжительным влажным режимом. Для Земли не характерны эпохи тотальной экстрааридизации. Она постоянно живет в ледниковых или межледниковых периодах.

#### Список литературы

- 1. Агроклиматический атлас мира. Под ред. И.А. Гольц-берг. М.-Л., 1972. 117 с.
- 2. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука,  $2005. 223~\rm c.$
- 3. Атлас океанов. Т. 1. Тихий океан. Л.: 1974. Т. 2. Атлантический и Индийский океаны. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 55 с.
- 4. БСЭ. Океан. М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1974. С. 330–335.

- 5. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидромете<br/>оиздат, 1971. 470 с.
- 6. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды // Избранные теоретические работы. М., 1966.-382 с.
- 7. Зубенок Л.И. Испарение на континентах. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 264 с.
- 8. Исаченко А.Г. Системы и ритмы зональности // «Изв. Всесоюз. геогр. об-ва»,  $1971.-T.\ 103.-$  Вып. 1.- С. 14—26.
- 9. Мезенцев В.С. Расчеты водного баланса. Омск, 1976. 75 с.
- 10. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 639 с.
- 11. Почвенная карта Мира. Под ред. В.М. Фридланда // БСЭ. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1975. Т. 20. С. 446–447.
- 12. Troll C. Der asymmetrische Aufbau der Vegetationszonen und Vegetationsstufen auf der Nord und Sudhalbkugel. In Bericht uber das Ceobotanishe Forschungsinstitut Rubel in Zurich für das Jahr 1947, Zurich, 1948, P. 46–83.

УДК 502/504

#### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАНОВОГО ЭФФЛЮЕНТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЦИКЛА АГРОГЕОСИСТЕМ

#### Садчиков А.В.

ФГБОУ ВО «Оренбургский Государственный Университет», Оренбург, e-mail: lyohantron@mail.ru

Понятие агрогеосистем. Агроэкосистема как базисная форма агрогеосистемы. Основные типы агроэкосистем. Растениеводческие агроэкосистемы. Животноводческие агроэкосистемы. Комплексные агроэкосистемы. Естественный цикл агрогеосистем. Экологическая нагрузка антропогенной деятельности на основные элементы агроэкосистемы. Отличия агрогеосистем от природных геосистем. Продукты жизнедеятельности и отходы, образующиеся в процессе хозяйственной деятельности человека. Классификация отходов по структуре и агрегатному состоянию. Современные экологически чистые технологии использования потенциала биомассы. Технологии анаэробного сбраживания. Включение биогазовых станций в естественный цикл агрогеосистемы. Продукты анаэробной переработки. Метановый эффлюент как основа восстановления естественного цикла агрогеосистем. Применение биопрепаратов на основе метанового эффлюента для восстановления естественного цикла агрогеосистем. Восстановление баланса наиболее значимых микроэлементов, прежде всего азота, калия и фосфора, при существенном снижении эмиссии в атмосферу утлекислого газа и метана.

Ключевые слова: биогазовая станция, агрогеосистема, агроэкосистема, биоремедиация, анаэробное сбраживание, метановый эффлюент, естественный цикл

### USE OF METHANE EFFLUENT TO RESTORE THE NATURAL CYCLE OF AGRO-ECOSYSTEM

#### Sadchikov A.V.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: lyohantron@mail.ru

The concept agrogeosistem. Agroecosystem as a basic form of agrogeosistemy. The main types of agroecosystems. Plant cultivation agro-ecosystems. Animal agro-ecosystems. Integrated agro-ecosystems. The natural cycle agrogeosistem. The environmental load of human activities on the main elements of agroekosistemy. Otlichiya agrogeosistem of natural geosystems. Waste products and waste generated in the process of human economic activity. The classification of waste on the structure and state of aggregation. Modern eco-friendly technology of biomass potential. Technology anaerobic digestion. Inclusion of biogas plants in the natural cycle agrogeosistemy. Application of biological products on the basis of methane effluent to restore the natural cycle agrogeosistem. Rebalancing the most important trace elements, primarily nitrogen, potassium and phosphorus, while substantially reducing the emission into the atmosphere of carbon dioxide and methane.

Keywords: biogas plant, agrogeosistem, agroecosystem, bioremediation, anaerobic digestion, methane effluent, natural cycle

### Понятие агрогеосистем. Агроэкосистема как базисная форма агрогеосистемы

Агрогеосистема - экологическая система, объединяющая участок территории (географический ландшафт), занятый хозяйством, производящим сельскохозяйственную продукцию. Базисной структурформой агрогеосистемы является агроэкосистема. Данный термин подразумевает ограниченную в пространстве выделенную область экосистемы, созданную искусственным путем, которая представляет собой нестабильную совокупность взаимозависимых биотических и отчасти изменённых абиотических элементов, отличительной характеристикой которой является относительно стабильное существование на некотором временном интервале при условии постоянства антропогенного воздействия, одним из результатов функционирования которой является цикл производства

сельскохозяйственной продукции определенного вида и количества.

#### Основные типы агроэкосистем

Агроэкосистемы представляют собой искусственно созданные в результате антропогенной деятельности объекты экосистем, для которых одним из наиболее значимых факторов стабильного существования является баланс между извлеченной сельскохозяйственной продукцией и возвращенных в почву минеральных и органических веществ для поддержания биопродукционной способности на заданном уровне. В состав правильно организованных агроэкосистем входят как посевные территории — пашни, луга и пастбища, так и крупные животноводческие комплексы. В зависимости от специализации агроэкосистемы подразделяются на:

- растениеводческие;
- животноводческие;

комбинированные.

По степени антропогенной нагрузки агроэкосистемы делятся на:

- экстенсивные;
- компромиссные;
- интенсивные.

Агроэкосистемы классифицируются также по степени интенсивности механизированной обработки и могут представлять собой как небольшие хозяйства, в которых используется лишь мускульная сила человека и животных, так и высокомеханизированные сельскохозяйственные комплексы, потребляющие значительное количество энергоресурсов.

#### Растениеводческие агроэкосистемы

Основу экстенсивных агроэкосистем представляют так называемые залежные (или переложные) системы земледелия, реже подсечно-огневые — на лесных территориях. Для таких систем характерна непрерывная смена посевных площадей и участков естественной растительности (так называемая ротация), в результате чего происходит восстановление биопродукционной способности посевных горизонтов.

В компромиссных агроэкосистемах восстановление продуктивности почвенной биоты происходит за счет использования в севооборотах многолетних трав и однолетних бобовых культур, а также за счет применения удобрений растительного происхождения (так называемых сидератов). В умеренных количествах в почву в качестве минеральной подкормки вносятся калийнофосфорные удобрения, для дезинсекции используются биологические методы защиты и системы симбиотических связей.

Для интенсивных агроэкосистем схема производства почти такая же, как и для компромиссых, однако количество вносимых в почву минеральных удобрений значительно выше, возможно также внесение пестицидов в больших количествах. В интенсивных агроэкосистемах широко используются системы орошения и полива. В севооборотах отдается предпочтение посевным монокультурам, ротационная цепочка упрощается до двухтрех звеньев, удобрения растительного происхождения практически не используются. Для интенсивных агроэкосистем характерны существенное возрастание антропогенной нагрузки и высокий риск истощения почв.

#### Животноводческие агроэкосистемы

Экстенсивный вариант животноводческих агроэкосистем предполагает выпас

скота на естественных площадях с заготовкой кормов на зиму в условиях зимнего климата. Величина антропогенной нагрузки в этом случае минимальна, так как определяется лишь затратами ресурсов на деятельность пастухов и на первичную обработку животноводческой продукции.

Для компромиссного варианта животноводческих агроэкосистем в процессе выращивания скота характерно использование как естественных кормовых площадей, так и пахотных территорий, при этом за счет внесения навоза происходит поддержание плодородия почв. Минеральные удобрения если и используются, то в небольших количествах.

Интенсивный вариант животноводческих агроэкосистем основан на сооружении крупных животноводческих комплексов, для питания используются посевные площади при значительных энергозатратах на производство кормов. Количество производимых отходов значительно превышает количество вносимых в почву удобрений.

#### Комбинированные агроэкосистемы

Отличительной чертой комбинированных агроэкосистем является ротация естественных и искусственных кормовых угодий при низких энергозатратах, при этом часть посевных площадей периодически отводится под пар для самопроизвольного восстановления биопродукционной способности, отчасти за счет внесения навоза. Минеральные удобрения используются в небольших количествах. Насыщение пахотных горизонтов азотом происходит благодаря естественной микробиологической азотфиксации. Именно такой тип агроэкосистем был спланирован и создан А.Т. Болотовым. Причем для интенсивного варианта систем такого типа характерно снижение доли естественных кормовых угодий, используемых для производства кормов. Посевные площади используются как для растениеводства, так и для производства кормов. Возможно применение систем орошения и полива. В компромиссном варианте площадь пахотных угодий невысокая, биопродуктивность поддерживается за счет использования навоза, организацией севооборота и внесения минеральных удобрений. Мероприятия по дезинсекции и уничтожению сорняков проводятся биологическими или интегрированными способами. В севооборотах особое значение приобретают многолетние травы и кормовые однолетние бобовые культуры. Это позволяет поддерживать биопродукционную способность на высоком уровне. Так как с ростом антропогенной нагрузки осложняется достижение устойчивости системы, наиболее выгодны в этом плане экстенсивные животноводческие и компромиссные комбинированные системы. Для первых необходим контроль пастбищных нагрузок для исключения истощения плодородия. Посредством разделения экологических ниш и рационального использования растительной массы производительность таких систем значительно превышает производительность обычных агроэкосистем. Для вторых обеспечение экологической устойчивости основано на рациональной организации структуры агроэкосистемы.

#### Естественный цикл агрогеосистем

К основным компонентам агрогеосистем относят почвы и их биоту, ландшафтные агрогеоценозы, животный мир, элементы естественных и полуискусственных экосистем (лесные угодья, посевные площади и поля, болота, водоемы), а также человека. Человек оказывает сильное влияние на естественный цикл агрогеосистем. При этом биологическое разнообразие и экологическое равновесие сохраняется при условии соблюдения человеком правил экологического императива.. Агрогеосистема по сути автотрофна, причем Солнце является главным источником энергии. В процессе фотосинтеза энергия Солнца преобразуется продуцентами – растениями – в рост зеленой биомассы, далее она преобразуется сельскохозяйственными животными - консументами - в процессе пищеварения, и животными - редуцентами, населяющими почву.

Переработка органических остатков детритофагами позволяет бактериям - редуцентам – в процессе жизнедеятельности выделять вещества, необходимые для питания растений. Важную роль в естественном цикле агрогеосистем играют микроорганизмы – азотфиксаторы, особенно те, которые образуют симбиотические связи с бобовыми растительными культурами, так как при механической обработке пахотных горизонтов биологическая азотфиксация значительно ухудшается. Для агрогеосистем характерна открытость, в особенности в плане извлечения энергии и вещества в процессе производства сельскохозяйственной продукции, это приводит к истощению почвенного покрова. Внесение минеральных удобрений и проведение

механизированной обработки позволяет частично восполнить потери энергии и вещества в агрогеосистеме, при этом затраты энергоресурсов в процессе антропогенной деятельности не превышают одного процента от величины солнечной энергии, используемой в цикле агрогеосистем.

#### Экологическая нагрузка антропогенной деятельности на основные элементы агроэкосистемы

В отличие от природных геосистем, агрогеосистемы искажают естественный биогеохимический цикл круговорота веществ. В естественных геосистемах утилизируется не более десяти процентов вещества и энергии растительной биомассы микроорганизмами и животными, оставшаяся часть растительной массы участвует в процессе естественного восстановления биопродуктивности почвы. В искусственных агрогеосистемах извлечение более значительной доли вещества и энергии биомассы вызывает нарушение биогеохимического цикла круговорота веществ. В результате происходит истощение гумусных горизонтов и разрушение структуры пахотных слоев. При этом зачастую развиваются эрозионные процессы, биопродукционная способность системы падает. Восстановление плодородия пахотных горизонтов становится возможным только при внесении удобрений. Интенсивное применение агрохимических технологий существенно осложняет ситуацию.

С другой стороны, в процессе антропогенной деятельности в значительных количествах образуются отходы. Отходы классифицируются как остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью [1]. По агрегатному состоянию все отходы делят на твердые коммунальные и промышленные отходы, жидкиие сбросы и газообразные выбросы, по структуре среди твердых и жидких выделяют шламы и смеси, все они представляют серьезную угрозу для биосферы.

По многочисленным данным на сегодняшний день годовой оборот отходов всех видов в Российской Федерации превышает  $4\cdot10^9$  тонн. Для большинства антропогенных систем объемы образования отходов во много раз больше объемов производимой продукции. Ярким примером объектов концентрации отходов являются крупные

животноводческие комплексы. Их можно рассматривать, в первую очередь, как производителей отходов, поскольку объемы навоза и помета в сотни и тысячи раз превышают объемы основной продукции [2].

Годовой оборот отходов аграрного сектора России в настоящее время превышает  $600 \cdot 10^6$  тонн, их них большая часть надлежащим образом не утилизируется. Это вызывает изменение кислотности почвенного покрова, приводит к отчуждению больших территорий под хранение отходов, химическому и биологическому заражению грунтовых вод и выбросам в окружающую среду парниковых газов.

В общем обороте отходов существенную часть составляют твердые коммунальные отходы (ТКО), включающие компоненты биологического и искусственного (синтетического) происхождения. Их вывоз и захоронение также вызывают массу экологических проблем, связанных с отчуждением огромных площадей под полигоны и свалки, загрязнением грунтовых вод, а также с эмиссией в атмосферу значительного количества свалочного газа.

## Современные экологически чистые технологии использования потенциала биомассы

Использование энергии биомассы в производственном цикле позволит решить следующие задачи: повысить долю производства и применения возобновляемых энергоресурсов на основе доступного и дешевого сырья; повысить эффективность и качество утилизации отходов в зонах их значительной концентрации; обеспечить непрерывный возврат ценных элементов в естественный биогеохимический цикл круговорота веществ.

Современные технологии производства органических удобрений не позволяют утилизировать весь годовой выход отходов на животноводческих комплексах. Выходом из создавшегося положения может стать широкое внедрение в производство биотехнологий.

#### Технологии анаэробного сбраживания. Включение биогазовых станций в естественный цикл агрогеосистемы

В процессах метанового анаэробного дигерирования отходов происходит ряд изменений, которые позволяют в дальнейшем получать высокоценные органические удобрения. Это связано прежде всего с сокращением потерь азота по сравнению

с другими способами переработки отходов. Например в сравнении с компостированием анаэробное дигерирование позволяет повысить содержание аммонийного азота в четыре раза, при этом значительная доля азота переходит в аммонийную форму. Количество пригодного для питания растений калия и фосфора также существенно возрастает. Кроме того, доказано, что метановый эффлюент позволяет увеличить урожайность на двадцать процентов и выше в сравнении с применением удобрений на основе необработанного навоза.

Биогазовые установки и станции в отличие от других возобновляемых источников энергии практически не зависят от времени суток, смены времен года и климатических условий. Главным условием стабильной работы является, в первую очередь, наличие стабильного потока органических отходов. Включение биогазовых станций в естественный цикл агрогеосистемы позволит компенсировать потерю ценных органических и биологических компонентов без увеличения эекологической нагрузки на ее основные элементы.

# Продукты анаэробной переработки. Метановый эффлюент как основа восстановления естественного цикла агрогеосистем

Развитие фермерских хозяйств в последнее десятилетие сопровождается применением биогазовых установок на основе метантенков, производящих биометан для бытовых нужд, отопления помещений, заправки автомобилей и тракторов. Получаемый при этом сброженный жидкий остаток (метановый эффлюент) обладает высокой экологичностью вследствие того, что во время анаэробного сбраживания органического сырья уничтожается патогенная микрофлора, подавляется активность находящихся в навозе семян сорных растений, питательные вещества навоза переходят в более доступную форму, нейтрализуется неприятный запах. Механическим фильтрованием сброженный эффлюент разделяют на твердую и жидкую фазы.

#### Применение биопрепаратов на основе метанового эффлюента для восстановления естественного цикла агрогеосистем

Применение метанового эффлюента как продукта, образующегося в процессе производства биогаза, возможно в различных производственных системах, однако

наибольший эффект достигается в агропромышленных комплексах, в которых осуществляется полный экологический цикл. Из всех основных видов производимой продукции биогэнергетических станций по объемам производства первое место занимает метановый эффлюент, суточный объем производства которого определяется объемом загружаемых отходов требуемой влажности, при этом уникальное сочетание его микробиологического и микроэлементного состава позволяет получать на его основе ценные продукты переработки [3].

Одним из направлений научных исследований, проведенных за период с 2011 по 2016 гг. ООО «Комплексные системы утилизации» совместно с ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», является применение биопрепаратов на основе метанового эффлюента для восстановления естественного цикла агрогеосистем. Положительные результаты получены для трех основных типов агроэкосистем - растениеводческих, животноводческих и комплексных. Основным достижением проведенных экспериментов является восстановление баланса наиболее значимых микроэлементов, прежде всего азота, калия и фосфора, при существенном снижении эмиссии в атмосферу углекислого газа и метана [1, 4, 5].

В результате проведенных исследований и производственных испытаний получена группа препаратов «МИКС+», применение которых позволяет существенно повысить биопродукционную способность естественных циклов агрогеосистем, восстановить баланс микроэлементов почв, входящих в их состав, повысить эффективность утилизации отходов, обработки проблемных субстратов, рекультивации и дегазации полигонов ТБО, биоремедиации и нефтедеструкции нарушенных грунтов.

#### Список литературы

- 1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение, обращение с отходами. Термины и определения». http://docs.cntd.ru/document/1200028831.
- 2. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Биогазовые станции как экологически безопасное средство для повышения биопродукционной способности естественных и культурных ландшафтов // Успехи современного естествознания. 2016. N2 4. C. 173—177.
- 3. Садчиков А.В. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок // Фундаментальные исследования. -2016. -№ 10–1. -C. 83–87.
- 4. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф., Соколов В.Ю., Наумов С.А. Обеспечение энергетической независимости и экологической безопасности полигонов ТКО // Альтернативная энергетика и экология. 2016. № 15–18 (203–206). С. 104–111.
- 5. Садчиков А.В., Черных М.С. Нефтедеструкция и биоремедиация // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25214.

УДК 502.335

#### МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В ХОДЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЯСА НОВОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ

#### Салимбаева Р.А.

Университет Нархоз, Алматы, e-mail: rasima salimbaeva@mail.ru

В природоохранной деятельности государства экологическому мониторингу определяют роль инструмента, обеспечивающего принятие решений на основе необходимой информации о текущем и прогнозируемом состоянии показателей качества окружающей среды. В связи с этим в процессе строительства Нового Шелкового пути были рассмотрены вопросы мониторинга экологических проблем Казахстана, в частности, проблемы загрязнения атмосферного воздуха и экологические проблемы водных ресурсов. В анализе рассмотрены проблемы загрязнения атмосферного воздуха стационарными и передвижными источниками, также затронуты вопросы использования водных ресурсов, трансграничные экологические проблемы. В статье предлагается ряд основных направлений минимизации экологическии проблем атмосферного воздуха и экологическог проблем водных ресурсов: установка газопылеочистного оборудования, герметизация технологического и транспортного оборудования, строительство газоочистных сооружений и устройств, оценка поверхностных и подземных водных ресурсов Центральной Азии, развитие финансовых механизмов и стимулов, доступных и экономичных, экологически чистых технологий.

Ключевые слова: экологический мониторинг, загрязнение атмосферного воздуха, водные ресурсы, трансграничные проблемы, международное сотрудничество, Новый Шелковый путь

# MONITORING OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN IN THE CONSTRUCTION OF THE ECONOMIC BELT OF THE NEW SILK ROAD

#### Salimbayeva R.A.

Narhoz University, Almaty, e-mail: rasima salimbaeva@mail.ru

The environmental performance of the state environmental monitoring tool determine the role of providing adoption on the basis of the information required decisions about the current and projected state of environmental quality. In this regard, during the construction of the New Silk Road were discussed issues of monitoring of environmental problems of Kazakhstan, in particular the problems of air pollution and environmental problems of water resources. In the analysis of the problems of air pollution from stationary and mobile sources, also talked about the use of water resources and transboundary environmental problems. The paper proposes a set of guidelines to minimize the environmental problems of air and environmental water issues: setting gazopyleochistnogo equipment, sealing technology and transport equipment, construction of gas treatment facilities and devices, evaluation of surface and underground water resources in Central Asia, the development of financial mechanisms and incentives available and fuel-efficient, environmentally friendly technologies.

Keywords: environmental monitoring, air pollution, water resources, transboundary issues, international cooperation, the New Silk road

В связи с изменением экономической ситуации и переориентации торговли на Европу и Азию, необходимо рассмотреть мониторинг экологических проблем регионов, расположенных вдоль Нового Шелкового В природоохранной деятельности государства экологическому мониторингу определяют роль инструмента, обеспечивающего принятие решений на основе необходимой информации о текущем и прогнозируемом состоянии показателей качества окружающей среды. В связи с этим в процессе строительства Нового Шелкового пути были рассмотрены вопросы мониторинга экологических проблем Казахстана, в частности, проблемы загрязнения атмосферного воздуха и экологические проблемы водных ресурсов. Все эти проблемы относятся к наиболее острым экологическим

проблемам Республики Казахстан. В настоящее время существуют такие проблемы, как отсутствие механизма согласованного управления ограниченными водными ресурсами бассейна Аральского моря в интересах всех государств Центральноазиатского региона и с учетом экологических требований, обеспечения пропуска воды.

**Цель исследования** — изучение проблем атмосферного воздуха и водных ресурсов, в процессе строительства экономического пояса вдоль Шелкового пути, разработка предложений по улучшению экологических проблем Республики Казахстан.

Методы исследования — в статье использованы научные методы экологических исследований. Среди них следует отметить статистические методы, методы системного анализа, синтеза и др.

### Результаты исследования и их обсуждение

Шелковый путь оказал огромное влияние на развитие стран, через которые он проходил. Вдоль всех его маршрутов возникали крупные и малые торговые города и населенные пункты, особенно вдоль Центральной Азии. Этот регион пересекали десятки торговых маршрутов, и происходило активное взаимодействие культур, осуществлялись масштабные торговые операции, заключались договоры.

Сегодня усилиями многих государств мира решено возродить к новой жизни Великий Шелковый путь. Все большее количество государств проявляет живой интерес к истории этой древней транснациональной торговой магистрали. Организация объединенных наций предложила возрождение Великого Шелкового пути. В 1988 г. был принят проект ЮНЕСКО «Интегральное изучение Шелкового пути – пути диалога», рассчитанный на десять лет. Задачами проекта были широкое и подробное изучение истории древней трассы, становление и развитие культурных связей между Востоком и Западом, улучшение отношений между народами, населяющими Евразийский континент. Очень продуктивно работает в этом направлении Всемирная туристическая организация ООН в рамках программы «Туризм по Шелковому пути»; еще в 1994 году 19 стран, собравшись на знаменитой площади Регистан, приняли Самаркандскую декларацию о развитии туризма на этой исторической трансконтинентальной магистрали [4].

Не стоит забывать, что наряду с экономическими выгодами от возрождения Нового Шелкового пути есть ряд экологических проблем, а именно загрязнение атмосферного воздуха и проблемы водных ресурсов. В целях возобновления направлений Нового Шелкового Пути для регионального сотрудничества между странами необходимо рассмотреть вопросы мониторинга экологических проблем Республики Казахстан.

Прежде чем перейти к основным характеристикам экологического состояния Республики Казахстан, необходимо рассмотреть методы сбора и обработки информации, методы экологического мониторинга.

Рассматривая Казахстанскую систему статистики в области охраны окружающей среды, следует обратить внимание на особенность, характеризующую данную систему. Эта особенность заключается в том, что осуществление сбора информации в области охраны окружающей среды осуществляется различными структурами и делится на два блока источников информации — ведомственный и государственный.

Ведомственная статистика собирается рядом Министерств и ведомств, в ведении которых находятся те или иные природные ресурсы страны или механизмы регулирования природоохранной деятельности.

В части сбора информации о загрязнении атмосферного воздуха стационарными источниками, расходах на охрану окружающей среды, экологических платежах, а также о показателях устойчивого развития, данные аккумулируются силами государственной статистики в лице Агентства Республики Казахстан по статистике.

Таблица 1 Выбросы наиболее загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников [6]

Загрязняющие вещества	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Всего, тыс. т в т.ч.:	2 643,10	2 320,00	2 226,5	2346,2	2384,3	2282,7	2256,7
твердые вещества	688,70	639,14	639,3	631,0	593,8	551,2	494,2
газообразные и жидкие вещества, из них:	1 954,40	1 680,86	1587,2	1 715,2	1790,5	1731,5	1762,5
сернистый ангидрид	1 078,50	779,80	723,6	774,2	769,6	729,2	729,1
окись углерода	412,20	432,82	444,80	445,1	446,2	457,8	478,8
окислы азота	212,20	206,61	205,80	232,7	249,4	250,2	256,5
углеводороды без ЛОС	113,7	130,5	132,1	137,6	170,5	96,1	62,0
летучие органические соединения (ЛОС)	51,4	43,7	49,7	53,4	58,1	92,0	114,4

Примечание. Таблица составлена на основе данных статистического сборника Агентства РК по статистике «Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана, Астана, 2015».

Основное загрязнение атмосферы в стране связано с выбросами от предприятий цветной металлургии, теплоэнергетики, черной металлургии, нефтегазового комплекса и транспорта.

Реальность угроз от загрязнения атмосферного воздуха сказывается на ухудшении здоровья населения и деградации окружающей среды.

Выбросы наиболее распространенных вредных веществ, отходящих от стационарных промышленных источников загрязнения атмосферного воздуха представлены в табл. 1.

Промышленный комплекс Казахстана ежегодно выбрасывает в атмосферу большое количество загрязняющих веществ, это в значительной степени обусловлено устаревшими технологиями производства, неэффективными очистными сооружениями, низким качеством применяемого топлива, слабым использованием возобновляемых и нетрадиционных источников энергии.

Также причинами высокого уровня концентрации оксида углерода и диоксида азота в городах Казахстана являются угрожающие объемы загрязнения воздуха автомобильным транспортом, что обусловлено высокими темпами роста числа автотранспортных средств на территории республики. Данная проблема наиболее актуальна для крупных городов республики, где вклад автотранспорта в загрязнение воздушного бассейна достигает 70–80% и более от общегородского валового выброса.

Если рассматривать сферы деятельности, которые вносят наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха, то среди таковых первое место в Казахстане занимают следующие отрасли:

- теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.);
- предприятия черной металлургии (Темиртау, Караганда) нефтедобычи и нефтехимии (Актау, Атырау);
- предприятия черной и цветной промышленности;
- горнообрабатывающая промышленность;
- производство стройматериалов (практически каждый город Казахстана имеет свои заводы по производству цемента, кирпича и т.д.);
  - автотранспорт.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха в республике являются предприятия обрабатывающей промышлен-

ности, их удельный вес в общем объеме выбросов составляет 45,9%, предприятия производства и распределения электроэнергии, газа и воды -29,1%, предприятия горнодобывающей промышленности -14,8%, прочие предприятия -10,2% [6].

Большое количество выбросов вредных веществ в значительной степени обусловлено недостаточной оснащенностью источников загрязнения сооружениями по очистке воздуха, удельный вес оборудованных источников составил в целом по РК 8,5%.

Если обратиться к зарубежной статистике источников загрязнения атмосферы, то мы обнаружим иную картину. Так, например, основное количество выбросов вредных веществ в США, Великобритании и Германии приходится на автотранспорт (50–60%), тогда как на долю теплоэнергетики значительно меньше, всего 16–20%.

В мире насчитывается несколько сот миллионов автомобилей, которые сжигают огромное количество нефтепродуктов, существенно загрязняя атмосферный воздух, прежде всего в крупных городах. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (особенно карбюраторных) содержат огромное количество токсичных соединений — бензопирена, альдегидов, оксидов азота и углерода и особо опасных соединений свинца (в случае применения этилированного бензина), которые загрязняют города [1].

Наибольшее количество вредных веществ в составе отработавших газов образуется при неотрегулированной топливной системе автомобиля. Правильная ее регулировка позволяет снизить их количество в 1,5 раза, а специальные нейтрализаторы снижают токсичность выхлопных газов в шесть и более раз.

Казахстан, как уже отмечалось в аналитической части, не является исключением. Рост числа автотранспортных средств происходит достаточно активно, преимущественно в городах. Это вызывает явления как загрязнения воздуха, так и потепления в населенных пунктах, фактически внося свой вклад в изменение климата. Вопросы потепления климата подтверждаются ежегодным изменением температурного фона в Казахстане.

Интенсивное загрязнение атмосферного воздуха отмечается также при добыче и переработке минерального сырья, на нефтеи газоперерабатывающих заводах, при выбросе пыли и газов из подземных горных выработок, при сжигании мусора и горении пород в отвалах (терриконах) и т.д.

В сельских районах очагами загрязнения атмосферного воздуха являются животноводческие и птицеводческие фермы, промышленные комплексы по производству мяса, распыление пестицидов и т.д. В Казахстане не ведется статистика о хранении и утилизации отходов жизнедеятельности сельских животных и связанных с этим выбросов аммиака в воздух, с одной стороны, и загрязнения грунтовых вод, расположенных довольно высоко к поверхности земли, с другой.

В современном мире страны напрямую оказывают влияние на экологическую обстановку друг друга. Тем более это актуально по отношению к атмосферному воздуху. Таким образом, показатели трансграничного загрязнения атмосферного воздуха - это еще один аспект воздействия, который может иметь довольно ощутимые как социальные, так и экономические последствия. На сегодняшний день в практике сбора показателей о трансграничном загрязнении воздуха Казахстан не оперирует такими показателями, как озоноразрушающие вещества, и еще ряда показателей, которые сегодня являются основными при международных сравнениях и оценки исполнения международных соглашений

Достижению успеха проектов современного Шелкового пути мешают также и экологические проблемы водных ресурсов.

В последнее время в мире участились конфликтные ситуации, обусловленные водным фактором. Проблемы нехватки водных ресурсов особенно актуальны для Центральной Азии, где объемы водопотребления увеличились в 57 раз и составили 59% водопотребления планеты за последнее столетие. Темпы забора и загрязнения воды растут на континенте Азии очень быстро, что связано с высокими ростом промышленного производства в новых индустриальных странах и низкой грамотностью в управлении водопользованием в развивающихся странах. Наряду с этим, ситуация осугубляется с неравномерностью распределения водных ресурсов по территории Азии. Особенно остро конфликтные ситуации, связанные с использованием вод, проявляются в международных бассейнах [5].

На трассах Шелкового пути развиваются две проблемные ситуации: между Китаем, Казахстаном и Россией в бассейнах Или и Иртыша; между странами Центральной Азии в бассейнах Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи.

Китайские планы использования водных ресурсов Тибетского нагорья для орошения земель в Синьцзян-Уйгурском автономном районе предназначены для повышения жизненного уровня его населения. Для этих целей на р. Или построено уже 65 плотин, планируется создание ещё 13 водохранилищ. К тому же ускоренное агропромышленное развитие Северо-Западного Китая будет способствовать загрязнению оз. Балхаш, куда впадает р. Или, химикатами и удобрениями.

Еще сложнее ситуация в бассейне Иртыша. Уже сегодня из-за мощного водозабора из составляющей Иртыша — Черного Иртыша — для водоснабжения центра нефтегазовой промышленности — г. Карамай — Россия ежегодно недополучает свыше 2 куб. км воды; обмелел канал Иртыш — Караганда; под угрозой судоходство по Иртышу. В планах КНР значительное увеличение водозабора; международные документы о равном праве на водные ресурсы всех стран в трансграничном бассейне Китай не признает, а на формат трехсторонних переговоров по этой проблеме не соглашается.

Но наиболее острая водноресурсная ситуация сложилась внутри государств Центральной Азии. Здесь существуют две группы государств: Таджикистан и Кыргызстан находятся в верхней части бассейнов Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи, а Казахстан, Узбекистан и Туркменистан – в средней и нижней частях этих бассейнов. Первая группа государств не владеет запасами углеводородного сырья, но имеет значительный гидроэнергетический потенциал (у Таджикистана на душу населения – наивысший в мире); здесь уже давно работают самая крупная Нурекская ГЭС мощностью 3000 МВТ, ГЭС на Нарыне, было начато строительство Рогунской ГЭС на Вахше, имеются проекты для Заревшана и других рек. В их интересах накапливать воду летом, а сбрасывать для получения электроэнергии зимой. Но такой режим категорически не устаивает вторую группу государств, которые как раз летом нуждаются в основных объемах воды, необходимых для орошения земель, на чем держится сельское хозяйство этих государств. В связи с засушливым климатом от орошаемого земледелия зависит жизнь около 22 млн человек; 39 % Узбекистана – орошаемое земледелие. Не говоря уж о гибнущем от недополучения стока Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи Аральском море и бедах населения, живущего на его берегах, - похоже, на это уже все махнули рукой [3].

Таблица 2

Объем речного стока Республики Казахстан [6]

No	Бассейны рек, морей, озер	Всего		В том числе
п/п			Поступает извне	Формируются на территории республики
1	Арало-Сырдарьинский (Кызылординская, ЮКО)	17,9	14,6	3,3
2	Балкаш-Алакольский (Алматинская область)	27,8	11,4	16,4
3	Иртышский (ВКО, Павлодарская область)	33,5	9,8	23,7
4	Ишимский (Акмолинская, СКО)	2,6	_	2,6
5	Нура-Сарысуский (Карагандинская область)	1,3	_	1,3
6	Тобол-Тургайский (Костанайская область)	2,0	_	2,0
7	Шу-Таласский (Жамбылская область)	4,2	3,1	1,1
8	Урало-Каспийский (Актюбинская, Атырауская, 3КО, Мангистауская области)	11,2	5,1	6,1
	Всего по Казахстану	100,5	44,0	56,5

П р и м е ч а н и е . Таблица составлена на основе статистического сборника Агентства РК по статистике «Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана, Астана, 2015».

Переговоры по поиску компромиссов в водопользовании идут уже много лет, в том числе на высшем государственном уровне, при посредничестве международных экспертов, но достигнуть результатов не удается. В такой обстановке страны предпринимают самостоятельные шаги, что не раз уже приводило к большим экономическим потерям и негативным экологическим последствиям. Ряд стран находится на грани военного конфликта. Эти ситуации затрагивают интересы России или прямо, как в бассейне Иртыша, или косвенно, как в бассейне Аральского моря. Не прекращаются попытки реанимировать планы переброски сибирских рек в Центральную Азию.

Обострение межгосударственных водных отношений в трансграничных бассейна на Шелковом пути не отвечает интересам ни участвующих в конфликтах стран, ни всего мирового сообщества. Решение проблем возможно только на основе взаимных компромиссов.

Актуальность проблемы устойчивого водообеспечения РК определена ограниченностью располагаемых водных ресурсов с неравномерностью распределения по территории республики. В табл. 2 показаны объемы пресного речного стока республики за средний по водности год.

Казахстан относится к категории стран с большим дефицитом водных ресурсов. Поверхностные водные ресурсы рек в средний по водности год составляют 100,5 км<sup>3</sup>, из которых только 56,5 км<sup>3</sup> формируются на

территории республики, остальной объем (44,0 км³) поступает из сопредельных государств. В маловодные годы поверхностный сток сокращается до 56,0 км³, и уже на современном этапе по всем речным бассейнам РК наблюдается дефицит водных ресурсов. Поэтому проблема водообеспечения сельского хозяйства, природно-водохозяйственных и производственных комплексов является основным определяющим фактором дальнейшего устойчивого развития экономики и обеспечения экологической безопасности республики [2].

В настоящее время водные объекты интенсивно загрязняются предприятиями горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, коммунальными службами городов и представляют реальную экологическую угрозу. Индекс загрязнения вод приведен ниже, в табл. 3.

Данные таблицы показывают, что в наибольшей степени страдает р. Сырдарья. В 2009 г. ИЗВ составил 3,36, превышение ИЗВ к сравниваемым годам — около 35%. В 2014 году ИЗВ высокий на р. Нура — 3,87, что больше почти на 50%, чем в 2008 году.

Загрязнению подвержены также подземные воды, являющиеся основным источником питьевого водоснабжения населения. Наибольшее воздействие на подземные воды оказывают предприятия Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Актюбинской областей. Отмечается площадное загрязнение подземных вод нефтепродуктами на территориях всех нефтегазодобывающих комплексов Казахстана.

, , ,	,	, 1	1	5					
Наименование крупных рек		Индекс загрязнения воды (ИЗВ)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
Ертис (Иртыш)	1,02	1,01	1,01	1,03	0,94	1,23	1,01		
Жайык (Урал)	1,07	1,08	0,92	0,95	0,82	0,95	1,07		
Сырдарья	2,50	3,36	2,48	2,28	2,08	2,09	2,16		
Нура	1,83	2,20	2,32	2,03	2,72	2,09	3,87		
Или	2,25	1,72	2,33	1,73	1,36	1,32	1,43		
Есиль (Ишим)	1,29	1,25	1,58	1,89	1,87	1,69	2,22		
Шу	2,01	1,83	2,65	1,83	2,56	1,89	1,97		
Талас	1,32	1,42	1,65	1,37	1,55	1,56	1,54		
Тобол	1,33	1,56	1,20	1,84	1,26	1,64	2,73		
оз. Балхаш	2,26	2,43	2,51	2,48	2,38	2,70	1,94		

Таблица 3 Индекс загрязнения водных ресурсов Республики Казахстан [6]

П р и м е ч а н и е . Таблица составлена на основе статистического сборника Агентства РК по статистике «Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана, Астана, 2015».

Продолжается процесс загрязнения и истощения поверхностных вод, основной причиной которых являются растущие из года в год объемы потребления свежей воды на хозяйственно-питьевые нужды.

В связи с тем, что в течение длительного периода не проводился соответствующий капитальный ремонт и восстановление основных средств, 34% водоотводящих сетей и большинство канализационных очистных сооружений в городах и городских посёлках достигли 70%-го физического износа. Ряд сооружений очистки сточных вод работает с перегрузкой, что приводит к несоответствию технологии очистки сточных вод проектным данным.

По-прежнему остается острой проблема доступа населения страны к качественной питьевой воде, при этом до 20% жителей республики потребляют воду, не соответствующую нормативным стандартам качества.

До настоящего времени сохраняется зависимость Казахстана от объемов и качества внешних водных ресурсов, что существенным образом угрожает стабильности ряда водных бассейнов страны. Остаются неурегулированными водно-экологические и водно-энергетические проблемы с некоторыми приграничными странами (Китай, Киргизия, Узбекистан). Так, например, в последние годы обострилась проблема использования воды, поступающей с территории сопредельных государств: речной сток в Казахстан из сопредельных государств сократился на 15,1 км³ в год, что приводит к дефициту водных ресурсов до

2–3 км<sup>3</sup> в год. Такая тенденция прогнозируется и в последующие годы. Вопросы водной уязвимости представляют угрозу, как и продовольственной, так и экологической безопасности страны.

#### Заключение

Таким образом, в Республике Казахстан существуют проблемы загрязнения атмосферного воздуха и проблемы загрязнения и дефицита водных ресурсов, которые могут быть преградой строительству экономического пояса вдоль Нового Шелкового пути.

В связи с этим предлагается ряд основных мероприятий для минимизации загрязнения атмосферного воздуха.

Группа санитарно-технических мероприятий: установка газопылеочистного оборудования, герметизация технологического и транспортного оборудования, строительство газоочистных сооружений и устройств.

Группа технических мероприятий: улучшение технологии производства и сжигания топлива: создание новых технологий, основанных на частично или полностью замкнутых циклах, при которых исключаются выбросы вредных веществ в атмосферу. В то же время решается важная задача — утилизация и возвращение в производство ценных продуктов, сырья и материалов.

Группа планировочных мероприятий: оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом «розы ветров», создание санитарно-защитных зон вокруг промышленных предприятий, вынос наи-

более токсичных производств за черту города, функциональное ее зонирование, учет местных природно-климатических факторов, сооружение транспортных развязок, кольцевых дорог, использование подземного пространства и др.

Для решения водных экологических проблем предлагаются следующие мероприятия:

- 1. Оценка поверхностных и подземных водных ресурсов Центральной Азии посредством демографических и геологических факторов, чтобы рассмотреть водные приоритеты.
- 2. Развитие финансовых механизмов и стимулов, доступных и экономичных, экологически чистых технологий.
- 3. Меры по укреплению возможностей управления при принятии решений для облегчения давления на окружающую среду.
- 4. Вопрос справедливого распределения водных ресурсов между странами Центральной Азии должен решаться в рамках Глобального партнерства по водным ресурсам в полном контроле.
- 5. Обсуждение вопросов, которые должны быть решены в связи с отсутствием третьей стороны и трансграничных правил использования водных ресурсов; конвенции, программы должны быть отражены в том состоянии, в котором определен размер распределения воды.

Таким образом, решение экологических проблем атмосферного воздуха и водных ресурсов содействует выявлению и предупреждению возможных конфликтов, которые могут негативно отразиться на развитии проекта Нового Шелкового Пути. Эти конфликты могут затронуть страны Центральной Азии, в том числе Казахстан, так как строительство Нового Шелкового Пути будет проложено через территорию этих стран.

#### Список литературы

- 1. Аарти Сивараман. Необходимо вдохнуть новую жизнь в города, расположенные вдоль евразийского Шелкового пути // «Евразийские города: новая реальность на Шелковом пути» 11 марта 2013 года (http://www.worldbank.org/ru/news/feature/2013/03/11/importance-of-refreshing-cities-along-eurasian-silk-road).
- 2. Водное видение бассейна Аральского моря на 2025 год // ЮНЕСКО в сотрудничестве с Научно-консультативным советом по бассейну Аральского моря (SABAS). 2000. С. 159–165.
- 3. Касымов О. Развитие системы регионального управления водными ресурсами в Центральной Азии // Общественное мнение. Права человека. 2005. N 1. C. 72.
- 4. Владимир Курятов. Казахстан Китай: Шелковый путь успешного партнерства // Казахстанская правда. 2014. 20 мая. № 97 (27718). [Электронный ресурс] // http://www.kazpravda.kz/pdf/20052014051819.pdf.
- 5. Перспективы интеграции стран Центральной Азии // *Шалтыков А.И.* http://www.rusnauka.com/22\_PNR\_2012/Politologia/1\_115293.doc.htm].
- 6. Статистический сборник «Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана 2008–2014», Астана, 2015. Интернет-ресурс Агентства Республики Казахстан по статистике (www.stat.gov.kz).

УДК 338.486

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА

#### Сафиуллин Р.Г., Чернуха Д.С.

Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН, Уфа, e-mail: safiullinrg@yandex.ru, chernukha.darja@yandex.ru

Во всем мире туристско-рекреационное хозяйство выступает движущей силой развития и благосостояния, являясь ключевым фактором социально-экономического прогресса за счет создания новых рабочих мест, доходов от экспорта и развития инфраструктуры. Несмотря на нестабильную геополитическую обстановку в мире, туристско-рекреационное хозяйство демонстрирует прочность и устойчивость своего развития. Российская Федерация обладает огромным туристско-рекреационным потенциалом. В России и ее субъектах развитие туристско-рекреационного хозяйства является одним из наиболее существенных курсов развития экономики. В статье выявлены потенциалы, влияющие на развитие туристско-рекреационного хозяйства в регионе. Рассмотрены методы оценки развития туристско-рекреационного хозяйства в региона. Определены критерии оценки уровня и эффективности развития туристско-рекреационного хозяйства в регионе. Предложен индекс уровня развития туристско-рекреационного хозяйства в

Ключевые слова: развитие туристско-рекреационного хозяйства, критерии оценки развития туристскорекреационного хозяйства в регионе, методы оценки туристско-рекреационного хозяйства в регионе

### ASSESSMENT CRITERIA OF LEVEL AND EFFICIENCY OF TOURISM AND RECREATION ECONOMY OF THE REGION

#### Safiullin R.G., Chernukha D.S.

Institute of Social and Economic Research, Ufa Research Centre, RAS, Ufa, e-mail: safiullinrg@yandex.ru, chernukha.darja@yandex.ru

Worldwide tourism and recreation economy is the driving force for development and well-being, as a key factor for socio-economic progress at the expense of job creation, export income, and infrastructure development. Despite the unstable geopolitical situation in the world, tourism and recreation economy demonstrates the strength and sustainability of the development. The Russian Federation has great tourism and recreation potential. In Russia and its regions, the development tourism and recreation economy is one of the priority areas of economic development. The article reveals potentials, influencing the development of tourism and recreation economy in the region. The methods of assessing the development of tourism and recreation economy in the region and classification methods for assessing of tourism and recreation resources of the region. The criteria of assessing the level and effectiveness of the development of tourism and recreation economy in the region. Is offered index of the level of development tourism and recreation economy.

Keywords: the development tourism and recreation economy, criteria for assessing the development of tourism and recreation economy of the region, methods for assessing tourism and recreation economy in the region

Развитие туристско-рекреационного хозяйства в Российской Федерации в целом и в субъектах, в частности, является одним из наиболее значимых трендов развития экономики на текущем этапе времени. Для получения высокой прибыли от туристско-рекреационной деятельности регионам необходимо привлекать как можно больше туристов, проживающих не только на территории субъекта Российской Федерации, но и со всей страны, а также граждан других стран за счет повышения конкуренто-способности.

Мониторинг эффективности развития туристско-рекреационного хозяйства региона включает оценку туристско-рекреационного потенциала, определения места услуг туризма и рекреации региона на рынке, выбора эффективных направлений и форм

территориальной организации туристско-рекреационного хозяйства региона, скоординированных действий всех участников туристско-рекреационного хозяйства региона, объединенных одной целью — предоставление качественных и востребованных туристско-рекреационных товаров и услуг и получения за счет этого максимальной прибыли.

На развитие туристско-рекреационного хозяйства региона влияет совокупность потенциалов, которые влияют на развитие туристско-рекреационного хозяйства стран и регионов, а именно [12]:

- природно-географический потенциал географическое положение, природные ресурсы, памятники природы, природная среда;
- культурно-исторический потенциал культурно-исторические памятники, памятники архитектуры.

- социально-экономический и демографический потенциал миграционная подвижность населения, уровень жизни населения и другие;
- политический потенциал геополитическое положение, внутриполитическая ситуация стран и регионов, особенности визового режима и другие;
- материально-технический и технологический потенциал — уровень развития производственной и социальной инфраструктуры, средств размещения рекреантов, предприятий питания, банковской и страховой сфер.

В связи с тем, что туристско-рекреационное хозяйство получило стимулы для развития относительно недавно и мировая конкуренция в этой сфере еще развита слабо, универсальные методы оценки эффективности развития туристско-рекреационного хозяйства стран и регионов не определены. У каждого автора исследований проблем эффективности развития туристско-рекреационного хозяйства стран и регионов свой взгляд на перечень параметров и критериев оценки для отдельных групп туристско-рекреационных ресурсов. В таблице приведен перечень методов оценки развития туристско-рекреационного хозяйства региона.

Классификация методов оценки туристско-рекреационных ресурсов включает количественные, качественные и комплексные методы. К количественным методам оценки относятся статистические (математические) и картографические методы.

Качественные методы оценки включат в себя медико-биологическую, эстетическую, экономическую, экологическую оценку и разработанную ЮНЕСКО методику оценки природно-культурных объектов туризма.

К комплексным методам оценки относится система кадастров туристско-рекреационных ресурсов и геоинформационная система развития туристско-рекреационного хозяйства в регионе.

#### Методы оценки развития туристско-рекреационного хозяйства региона

No	Наименование	Суть метода оценки	Описание метода
п/п	метода / Авторы		оценки
1	2	3	4
1	Комплексная оценка развития туризма в регионе / Робинсон Б.В., Ушакова Е.О. [4, 9]	Состоит из 6 этапов:  1. Выделение объекта оценки (туристско-рекреационные ресурсы).  2. Выделение субъекта оценки (потребители туристско-рекреационных услуг и организаторы туристско-рекреационной деятельности в регионе).  3. Генерирование критериев оценки. Разработка мер оценивания, сетки оценки.  4. Сбор информации, необходимой для оценки (первичная и вторичная информация).  5. Перевод полученных данных к единой системе измерений. Расчет частных показателей.  6. Расчет интегрального показателя развития туризма в регионе. Проверка и корректирование показателей, интерпретирование показателей.	Комплексная оценка развития туризма и рекреации в регионе, базированная на расчете частных и интегральных показателей потенциала развития туризма и рекреации в регионе.
2	Маркетинговый анализ туристских ресурсов / Джанджугазова Е.А. [2]	Комплексный маркетинговый анализ туристских и рекреационных ресурсов состоит из следующих этапов:  1) на первом этапе проводится выделение различных видов и форм туризма и рекреации по степени доступности для населения региона;  2) затем измеряется туристский поток в регион и устанавливаются его характеристики;  3) на третьем этапе исследуется предложение на туристском рынке региона;  4) на четвертом этапе анализируются и выделяются факторы, формирующие спрос на туристский продукт региона, и оценка спроса при определенных количественных показателях этих факторов;  5) на завершающем этапе, на основе полученных данных проводится комплексное исследование туристско-рекреационного потребления в регионе.	На основе данной методики можно дать рекомендации по использованию методик для увеличения экономических выгод от туристско-рекреационной деятельности в регионе и выявить маркетинговые программы, которые дают наибольший положительный эффект в области экономического благосостояния региона.

		Ок	ончание таблицы
1	2	3	4
3	Построение агрегированного (интегрального) индикатора / Шад- ская И.Г. [11]	Для оценки потенциала туризма и рекреации применяются четыре группы индикаторов: экономические, социальные, экологические и индикаторы развития туризма и рекреации. К экономическим индикаторам относятся: валовой внутренний продукт, индекс дохода, объем отечественных и иностранных инвестиций, выпуск товаров, объем оказанных платных услуг, кредитный рейтинг, основные фонды.	Данная методика по- казывает степень ста- бильности развития туризма и рекреации, и ее место в социаль- но-экономической структуре региона.
4	Социально-экономическая эффективность внутреннего туризма / Б.А. Осипов, В.В. Соколенко, Ю.Д. Шмидт; Е.И. Юванен [3, 13]	Показатели экономической эффективности (общее количество туристов на одно место в коллективных средствах размещения; годовая численность туристов, размещенных на предприятиях коллективных средств размещения; коэффициент использования номерного фонда; производительность труда в области туризма и рекреации в регионе; удельный вес убыточных организаций по виду экономической деятельности «туризм и рекреация»; объем инвестиций в основной капитал в области туризма и рекреации в регионе). Показатели социальной эффективности (удельный вес услуг туризма и рекреации в общем объеме платных услуг населению территории; доля занятых в области туризма и рекреации в региона, получающего населения региона; доля населения региона, получающего услуги туризма и рекреации внутри региона; среднесписочная численность работников в сопутствующих туризму и рекреации видах экономической деятельности получающего услуги внутреннего туризма; количество потребителей услуг туризма и рекреации региона на 1 тыс. чел. населения территории; оборот общественного питания на душу населения региона).	После расчета по- казателей по блокам, рассчитывается инте- гральный показатель, основанный на рас- чете весов мер по ко- эффициентам парной корреляции. Данная методика по- казывает социаль- но-экономическую эффективность от раз- вития туризма и ре- креации в регионе.
5	Социально-экономическая эффективность туризма в малых и средних городах / Сафиуллин Р.Г., Чикурова Т.Ю. [5, 6, 8, 10]	Социальные показатели: социальная стабильность; количество дополнительных рабочих мест за счет развития туризма и рекреации; влияние услуг туризма и рекреации на физическое и психическое здоровье человека; качество обслуживания туристов; уровень логистического сервиса. Экономические показатели: количество туродней и средняя продолжительность пребывания туристов; частота поездок (количество путешествий в среднем за определенный период); величина инвестиций; чистая приведенная стоимость; уровень рентабельности; срок окупаемости проекта; налоговые отчисления в бюджет города от туристско-рекреационной деятельности; экологический ущерб, возникший в результате интенсивного развития туристской деятельности. Расчет и анализ интегральных показателей в совокупности по блокам.	Методика позволяет оценить социально-экономическую эффективность развития туризма и рекреации в небольших городах регона.

В качестве критериев оценки уровня и эффективности развития туристско-рекреационного хозяйства в регионе предложены следующие показатели [1,4,9]:

- въездной туристский поток (чел.);
- совокупный доход от туризма и рекреации в регионе (рубли, доллары);
- доля вида экономической деятельности «Рекреация и туризм» в ВРП региона (в%);
- объем туристских и рекреационных услуг населению (рубли, доллары);
- уровень развития туристско-рекреационной инфраструктуры региона (индексная оценка).

Уровень развития туристско-рекреационной инфраструктуры влияет на развитие туристско-рекреационного хозяйства региона, выступая либо как сдерживающий фактор, либо определяет положительную динамику развития туристско-рекреационного хозяйства. Туристско-рекреационная инфраструктура оценивается по отдельным элементам, каждый элемент в свою очередь оценивается по конкретным критериям.

Так, транспортная составляющая инфраструктуры оценивается по плотности железнодорожных путей общего пользования, по плотности автомобильных до-

рог общего пользования, объему транспортных услуг, оказанных населению, в расчете на одного жителя, коэффициенту Энгеля. Туроператоры и турагенты – число туристских организаций на 100 000 человек населения; число турпакетов, реализованных населению, на 1000 человек населения. Средства размещения оцениваются по числу коллективных средств размещения (КСР), числу мест в КСР, числу номеров в КСР, коэффициенту использования наличных мест в КСР, числу санаторно-курортных организаций, организаций отдыха и туристических базах. Развитие предприятий отдыха и размещения определяется по числу музеев, профессиональных театров, зоопарков, цирков, парков культуры и отдыха, санаторно-курортных организаций, учреждений культурнодосугового типа, спортивных сооружений; по численности зрителей театров на 1000 человек населения, числу посещений музеев на 1000 человек населения, объему платных услуг культуры в расчете на одного жителя, объему платных туристских услуг в расчете на одного жителя. Развитие предприятий общественного питания выражаются такими критериями, как количество предприятий общественного питания на 100 000 человек населения, количество мест в предприятиях общественного питания на 1000 человек населения, оборот общественного питания в расчете на одного жителя.

Также одним из критериев оценки уровня и развития туристско-рекреационного хозяйства в регионе является состояние окружающей среды, которое выражается такими показателями, как количество загрязняющих веществ, количество выбросов в атмосферу.

В качестве критерия оценки уровня и эффективности развития туристско-рекреационного хозяйства в регионе был введен индекс уровня развития туристско-рекреационного хозяйства. Математический вид формулы аналогичен формуле коэффициента Энгеля [7], которая используется для оценки уровня развития транспортной сети и имеет следующий вид:

$$\alpha_{9} = \frac{L^{j}}{\sqrt{S^{j} * H^{j}}}.$$

Данный вид формулы коэффициента Энгеля был положен в основу предлагаемой нами формулы расчета индекса уровня развития туристско-рекреационного хозяйства территории:

$$Y = \frac{D}{\sqrt[3]{S * H * K}},$$

где, Y — индекс уровня развития туристскорекреационного хозяйства территории;

D — годовой доход туристско-рекреационного хозяйства территории (млн рублей или млн долларов);

S — площадь туристско-рекреационной территории, характеризует обеспеченность территории рекреационными объектами, достопримечательностями, инженерной инфраструктурой (тыс. кв. км);

H — численность населения территории (тыс. человек);

K — отечественные и иностранные инвестиции в туристско-рекреационное хозяйство территории (млн рублей или млн долларов). Они характеризуют обеспеченность территории инвестициями, вложенными в развитие туристско-рекреационного хозяйства. Снижение объемов инвестиций в развитие туристско-рекреационного хозяйство приводит со временем к сокращению получаемого дохода от данного вида деятельности на территории.

Данный индекс позволяет проводить группировку, классификацию и типологию регионов страны по уровню развития туристско-рекреационного хозяйства. Анализ критериев оценки уровня и развитости туристско-рекреационного хозяйства в регионе позволяет выявить существующие проблемы, а также перспективные направления развития туристско-рекреационного хозяйства в регионе.

Данное исследование выполнено в рамках госзадания ИСЭИ УНЦ РАН по теме № 0253-2014-0001 «Стратегическое управление ключевыми потенциалами разноуровневых социально-экономических систем с позиции обеспечения национальной безопасности (№ гос. регистрации 01201456661)».

#### Список литературы

- 1. Величкина А.В. Оценка развития туристской инфраструктуры региона / А.В. Величкина // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Вологда, 2014. № 2(32). С. 239–250.
- 2. Джанджугазова Е.А. Формирование стратегии развития регионального туристско-рекреационного комплекса / Е.А. Джанджугазова // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Экономический факультет. Москва, 2005. 44 с.
- 3. Осипов Б.А. Методика оценки социально-экономической эффективности внутреннего туризма / Б.А. Осипов, В.В. Соколенко, Ю.Д. Шмидт // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. -2011. № 3. С. 3-11.

- 4. Робинсон Б.В., Ушакова Е.О. Особенности оценки потенциала ресурсов развития туризма / Б.В. Робинсон, Е.О. Ушакова // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. Липецк, 2013. № 5. С. 36–38.
- 5. Сафиуллин Р.Г., Салимгареев Н.Г. Критерии оценки пространственного развития региона / Р.Г. Сафиуллин, Н.Г. Салимгареев // Регионология. 2009. № 3. С. 19–27.
- 6. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М. Эффективность территориального развития России: теория, реальность, проблемы / Р.Г. Сафиуллин, Р.М. Сафиуллина // Инновационные технологии управления социально-экономический научно-практической конференции с международным участием. Уфа, 2015. С. 37–47.
- 7. Сафиуллин Р.Г., Гайнанов Д.А. Формирование и развитие кластеров в регионе: теоретико-методологические и прикладные аспекты (на примере Республики Башкортостан) / Д.А. Гайнанов, В.В. Печаткин, Р.Г. Сафиуллин, М.М. Макова, С.М. Гаймалова, Т.Р. Ахметов, В.А. Усов. Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2009. 164 с.
- 8. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М. Эффективное региональное развитие: виды, факторы, тренды / Р.Г. Сафиул-

- лин, Р.М. Сафиуллина // Устойчивое развитие: Проблемы, концепции, модели. КБНЦ РАН, 2013. С. 271–274.
- 9. Ушакова Е.О. Методический подход к комплексной оценке ресурсов развития туризма региона / Е.О. Ушакова // Региональная экономика: теория и практика. -2013. -№ 48. -C. 42–49.
- 10. Чикурова Т.Ю. Социально-экономическая эффективность туристской деятельности в малых и средних городах: автореф. дис. канд. экон. наук / Т.Ю. Чикурова. Екатеринбург, 2011.-25 с.
- 11. Шадская И.Г. Оценка туристского потенциала Новосибирской области с помощью экономических индикаторов / И.Г. Шадская // Сервис plus. -2012. -№ 2. C. 56–60.
- 12. Экономическая география и региональное развитие. Материалы российской научной конференции. Часть 1. Уфа: БашГУ, 1997. 116 с.
- 13. Юванен Е.И. Оценка социально-экономической эффективности внутреннего туризма в регионе (на примере Приморского края): автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Е.И. Юванен. Владивосток, 2006. 24 с.

УДК 665.6/.7

#### НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ САЙКЛИНГ-ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНО-УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

#### Спирина Е.В., Инякин В.В., Зотова О.П., Инякина Е.И.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: meshcheryakova92@mail.ru

В данной работе представлена геологическая, стратиграфическая характеристика Восточно-Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ), расположенного на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) Тюменской области. Приведена характеристика основной продуктивной части Восточно-Уренгойского месторождения – ачимовских отложений. Представлена технология разработки залежей конденсата — сайклинг-процесс: принцип действия, этапы проведения, способы проведения сайклинг-процесса, преимущества и недостатки, история вовлечения в разработку залежей конденсата с использованием сайклинг-процесса. Выявлено, что эффективность проведения сайклинг-процесса в залежах конденсата в большей степени зависит от неоднородности коллекторских свойств пород по толщине и плостаточно высокого извлечения конденсата из пласта. Установлено, что эффект применения сайклинг-процесса определяется экономической выгодой, достигаемой за счёт дополнительной добычи конденсата.

Ключевые слова: сайклинг-процесс, Восточно-Уренгойское месторождение, газ, конденсат, ачимовская толща, нефтегазоконденсатные месторождения

### SOME ASPECTS OF THE CYCLING PROCESS IN TERMS OF THE VOSTOCHNO-URENGOISKOYE FIELD

Spirina E.V., Inyakin V.V., Zotova O.P., Inyakina E.I.

Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Tyumen Industrial University», Tyumen, e-mail: meshcheryakova92@mail.ru

This paper presents geological, stratigraphic characteristic of Vostochno-Urengoiskoye oil and gas condensate field (OGCF), located on territory Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YNAO), Tyumen oblast. The characteristics of the main productive part of the East of the Urengoy field Achimov deposits. The presented technology of development of deposits of condensate re-Cycling process: principle of action, stages of implementation, the means of implementing the Cycling process , advantages and disadvantages, history of involvement in the development of deposits of condensate using Cycling process. It is revealed that the efficiency of the Cycling process in deposits of condensation largely depends on heterogeneity of the reservoir properties of rocks on the thickness and area of the reservoir. It is assumed that at the advantage of the Cycling process is of a sufficiently high extraction of condensate from the reservoir. It is established that the effect of the Cycling process is determined by economic benefits achieved due to additional production of condensate.

Keywords: re-cycling, Vostochno-Urengoiskoye field, gas, condensate, achimov strata, oil and gas field

Вопросу разработки газового конденсата в современных экономических условиях уделяется все больше внимания. Так, по данным 2015 года, добыча газового конденсата (ГК) в России за предыдущий период составила 26,2 млн т. Во многом этот объем достигнут за счет разработки газоконденсатных (ГКМ) и нефтегазоконденсатных (НГКМ) месторождений ЯНАО.

Восточно-Уренгойское НГКМ в административном плане расположено в Пуровском районе ЯНАО. По некоторым оценкам, извлекаемые запасы составляют 98 млрд м<sup>3</sup> газа и 19 млн т нефти и конденсата [1].

Обзорная карта данного месторождения представлена на рис. 1.

Месторождение является многопластовым, приурочено к Уренгойскому мегавалу на восточном куполе Нижнепуровского мегавала. В разрезе данного месторождения присутствуют пласты ачимовских песча-

ников, содержащих газ, нефть, конденсат. Также найдены вышележащие песчаные пласты валанжина, которые содержат нефть и газ. Залежи являются сложнопостроенными, их ареалы не отвечают сводовым частям Северо-Есетинского и Восточно-Уренгойского поднятий. Данный факт может быть связан с их принадлежностью к разным клиноформным телам или к разным частям одной клиноформы [5–7].

Ачимовские отложения исследуемого месторождения находятся на глубине 3400—4000 м. Ачимовская толща пород берриас-валанжинского возраста представляет собой глинистые отложения толщиной до 200 м и более, включающие в себя песчаные тела клиноформенного типа [11–14].

Наиболее продуктивными считаются пласты Ач<sub>3-4</sub>, Ач<sub>5</sub>. Средние дебиты газоконденсатной смеси по большинству скважин превышают 300–400 тыс. м<sup>3</sup> в сутки,

при этом дебиты стабильного конденсата находятся в диапазоне от 80 до 150 м³/сут. Важно отметить, что по результатам экспериментальных исследований были выявлены пропластки, по которым притоки газового конденсата снижены, это связано с низкими энергетическими свойствами пласта [15, 16].

На рис. 2 представлен геологический разрез основной продуктивной части исследуемого месторождения.

Рассмотрим более подробно процесс разработки залежей конденсата. Поскольку ранее разработка конденсата велась теми же способами, которые использовали при добыче газа, то по мере добычи газа снижалось пластовое давление, тяжелые углеводороды конденсировались и оставались в основной части пласта. Конденсат, который добывали в процессе разработки газовых залежей, поднимался на поверхность и в дальнейшем сжигался (в большинстве случаев). Отдача газа уменьшалась по причине снижения пластового давления, что было связано с закупоркой устьиц. Таким образом, с пласте могло остаться до 20% газа и газоконденсата, так как скважины прекращали эксплуатироваться.

Увеличение конденсатоотдачи возможно при условии поддержания в пласте природного давления, для чего рекомендуется использовать сайклинг-процесс [2–4]. Его принцип заключается в закачке в пласт сухого газа.

Различают следующие виды сайклинг-процесса (рис. 3) [9]:

Сайклинг-процесс впервые применили в первой половине двадцатого века, что было связано с потребностью в топливе. В США к 1944 году успешно эксплуатровалось 37 установок, на которых применялся сайклинг-процесс, число газоконденсатных месторождений составляло 224 ед. Также закачка очищенного газа активно использовалась на месторождениях Канады и в других странах.

Однако, в начале 50-х годов структура рынка углеводородов стала существенно меняться, изменился спрос на углеводородное сырье. В это же время, наряду с привычным сайклинг-процессом, активно стали использовать частичный сайклинг-процесс (отбираемый газ направлялся обратно в пласт частично), а также сайклинг-процесс, когда применялась смесь осушенного газа с неуглеродными газами (азот, углекислый газ и др.) [8].

Опыт использования сайклинг-процесса в условиях России берет свое начало на Вуктыльском месторождении газоконденсатного типа. Стоит отметить, что и до этого описываемый процесс пытались внедрить в разработку, однако ни одно испытание не переросло в действующую технологию. Поэтому принято считать, что именно на Вуктыльском ГКМ произошло не только испытание нового процесса, но также были получены высокие результаты его работы.

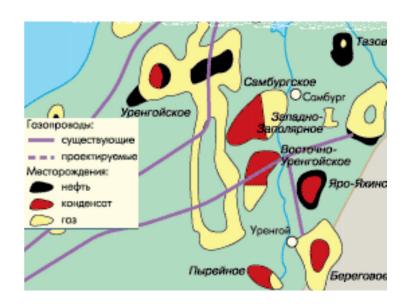


Рис. 1. Обзорная карта Восточно-Уренгойского НГКМ

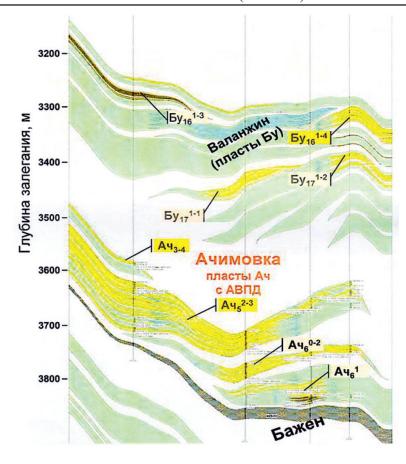


Рис. 2. Геологический разрез Восточно-Уренгойского лицензионного участка

Несмотря на видимые достоинства процесса в России он имел несколько огромных недостатков. Во-первых, специфические условия налогообложения, при которых тюменский газ дважды облагался налогом – при первичной добыче, а также при его добыче в составе пластового сырья. Вовторых, спрос на газ был достаточно велик, что не позволяло использовать его для добычи конденсата. Именно эти недостатки в конце прошлого века и привели к закрытию проекта применения сайклинг-процесса на Вуктыльском газоконденсатном месторождении [18].

Определяющими фактором получения положительного эффекта от сайклинг-процесса является наличие неоднородности коллекторских свойств пород по толщине и площади пласта, чем и характеризуются ачимовские отложения. Заниженные показатели конечной конденсатоотдачи могут быть связаны с прорывом сухого газа их высокопроницаемых пропластков, который опережает весь процесс.

В настоящее время сайклинг-процесс не имеет равноценных аналогов в практике разработок. По некоторым оценкам, применение данной технологии увеличивает КИК на уровне от 10% до 35% [17, 19–21], при этом на Восточно-Уренгойском месторождении данный коэффициент составляет менее 10%. Стоит отметить, что данная технология практически исключает потери газа в пласте.

Бесспорно, сайклинг-процесс обладает весомыми достоинствами, однако на практике дают о себе знать немаловажные недостатки. В основном они связаны с тем, что данная технология является капиталоемкой. Для успешного запуска и работы процесса необходимо затратить немалые средства на сооружение и обустройство специальных скважин, станций и установок для осушения и закачки газа в пласт. Другим весомым недостатком сайклинг-процесса является невозможность в течение десятка лет добычи природного газа, в котором применяется данный процесс и идет извлечение конденсата из пласта.

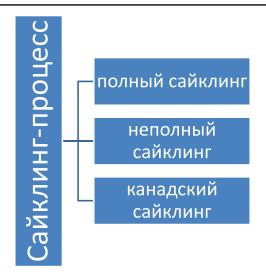
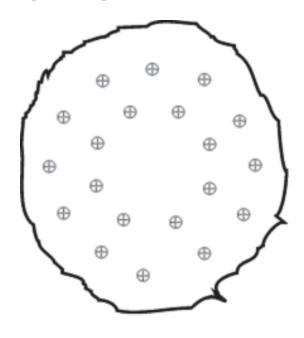


Рис. 3. Виды сайклинг-процесса

В процессе технико-экономического анализа определяется тип сайклинг-процесса и отношение объема закачки газа к отработанному газу. В процессе проводимого анализа рассматриваются геолого-промысловые характеристики конденсатосодержащих пластов, структура запасов, а также уровень спроса на добываемый вид углеводородного сырья.



Puc. 4. Батарейно-кольцевое размещение скважин

Для обеспечения сайклинг-процесса и увеличения коэффициента охвата пласта закачиваемым газом применяется батарейно-кольцевая система размещения скважин.

Описанная схема представлена на рис. 4. Скважины размещают на достаточно большом расстоянии, что связано с превышением приемистости нагнетательных скважин над дебитом добывающих. Количество добывающих скважин на разрабатываемом участке может быть больше нагнетательных примерно в два-три раза.

Использование сайклинг-процесса при эксплуатации конденсатных залежей обосновывается экономической выгодой. Условием его применимости в обязательном порядке является конденсатосодержание в пластовом газе на уровне более 200 г/м³. Степень изменения проницаемости продуктивного горизонта по вертикали может оказать влияние на эффективность применения сайклинг-процесса. [10].

Таким образом, по результатам анализа можно отметить, что сайклинг-процесс является эффективным способом разработки НГКМ, который может быть использован для разработки залежей конденсата Восточно-Уренгойского месторождения Ямало-ненецкого автономного округа.

#### Список литературы

- 1. История компании АО «Роспан Интернешнл» [Электронный ресурс]. Режим доступа https://rospan.rosneft.ru. (дата обращения: 24.11.2016).
- 2. Бондаренко Г.А. (сост.) Технология использования сжатых газов Сумы: Изд-во СумГУ, 2011.-275 с.
- 3. Ваганов Е.В., Краснова Е.И., Краснов И.И., Мараков Д.А., Зотова О.П. Изучение зависимости конденсатоотдачи от содержания конденсата в пластовом газе // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 1 (50). С. 118.
- 4. Грачев С.И., Краснова Е.И., Ваганов Е.В., Лескин М.В. Интенсификация и регулирование процесса разработки горизонта БС10-2 // Академический журнал Западной Сибири. -2015. -T. 11. -№ 3 (58). <math>-C. 95–97.
- 5. Книга нефти: Месторождение «Восточно-Уренгойское» [Электронный ресурс]. Режим доступа http://kniganefti.ru. (дата обращения: 22.11.2016).
- 6. Краснов И.И., Самуйлова Л.В., Сивков П.В., Зотова О.П. Особенности экспериментальных исследований многокомпонентных систем на PVT-установке CHANDLER ENGINEERING // Академический журнал Западной Сибири. -2013. T. 9, № 5 (48). C. 104–105.
- 7. Краснова Е.И., Самуйлова Л.В., Краснов И.И., Зотова О.П. Оценка причин, осложняющих разработку Комсомольского газоконденсатного месторождения // Академический журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. № 3 (46). С. 110–111.
- 8. Нурсултанова С.Г., Ермекбаева Г. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Геологические основы разработки нефтяных и газовых месторождений» [Текст]: учебное пособие / С.Г. Нурсултанова. Алматы: КазНТУ, 2010 130 с.
- 9. Разработка газоконденсатных месторождений с поддержанием пластового давления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://info-neft.ru. – (дата обращения: 26.11.2016).
- 10. Сайклинг-процесс. Горная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.mining-enc.ru. (дата обращения: 27.11.2016).

- 11. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П. Особенности геологического строения ачимовских отложений на территории ХМАО-Югры // Академический журнал Западной Сибири. -2016. -T. 12, № 1. -C. 23.
- 12. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П. Оценка кондиционности запасов ачимовских отложений на территории ХМАО-Югры // Академический журнал Западной Сибири. -2016. T. 12, № 1. C. 24.
- 13. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П., Зубарев Д.И. Особенности строения и оценка потенциала ачимовских отложений на территории ХМАО-Югры // Успехи современного естествознания. 2016. № 8–0. С. 195–199.
- 14. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П., Зубарев Д.И. Перспективы разработки ачимовских отложений на территории ХМАО-ЮГРЫ // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12 (54). С. 112—115.
- 15. Характеристика и направления рационального использования газоконденсатов ачимовских отложений Уренгойского НГКМ/ Парфенова Н.М. [и др.] // Территория Нефтегаз. 2014. № 6 С. 70–76.
- 16. Хлус А.А., Краснов И.И., Зотова О.П., Мараков Д.А., Томский И.С. Прогноз фазовых процессов углеводородных систем при разработке нефтегазоконденсатных месторождений // Академический журнал Западной Сибири. -2014. -T. 10. -№ 6 (55). -C. 21–22.

- 17. Целесообразность применения данной технологии определяется дополнительными объемами добычи газового конденсата. Внедрение технологии сайклинг-процесса при добыче газового конденсата простимулируют нулевой ставкой НДПИ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.eg-online.ru. (дата обращения: 24.11.2016)
- 18. Шарипов А.Ю. Технология повышения газоотдачи пласта / А.Ю. Шарипов, А.С. Ильин; науч. рук. С.Ф. Санду // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летнему юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6—10 апреля 2015 г.: в 2 т. Томск: Изд-во ТПУ, 2015. Т. 2. С. 140—141.
- 19. Шершелюк А.Е., Быкова Г.А. Методы увеличения нефтеотдачи. Сравнение российского и зарубежного опыта // Академический журнал Западной Сибири. 2015. Т. 11. N 5. С. 39—42.
- 20. Шершелюк А.Е., Быкова Г.А., Резанов П.В., Хазбулатова К.З. Мероприятия по повышению нефтеотдачи пластов с применением ГРП совместно с различными видами технологий // Академический журнал Западной Сибири. 2016. Т. 12. N 1. С. 28—30.
- 21. Юрин И.А. Анализ выработки нефти Назаргалеевского месторождения // Академический журнал Западной Сибири. -2016. Т. 12. № 2. С. 35.

УДК 550.3: 550.4

#### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛЯ РАДОНА В СВЯЗИ С ТЕКТОНИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ

#### <sup>1</sup>Сухоруков М.В., <sup>2</sup>Спивак А.А.

 $^{1}$ ФГБУН «Институт динамики геосфер РАН» (ИДГ РАН), Москва;  $^{2}$ ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт» (МФТИ), Москва, e-mail: m-vsu@yandex.ru

В работе представлены результаты анализа пространственно-временных рядов объемной активности радона <sup>222</sup>Rn (OA), в том числе синхронных временных рядов на разных глубинах, в районах измерений с тектоническими структурами разного ранга характеризуются, как правило, активными геодинамическими процессами с разной интенсивностью, что может отражаться на устойчивости техногенных сооружений. Установлено, что средние значения и вариации ОА <sup>222</sup>Rn определяются расположением источников радона, серединных участков тектонических структур и монотонно увеличиваются с глубиной. Установлено, что временные вариации на разных глубинах синхронны, что говорит о значительном вкладе в процесс переноса фильтрации и нелинейной диффузии. Предложена модель выноса на поверхность радона <sup>222</sup>Rn, в которой коэффициент диффузии радона зависит от глубины, а скорость фильтрации постоянна.

Ключевые слова: радон, дегазация Земли, картирование тектонических структур, тектонический разлом, тектоническое нарушение, миграция подземных газов

### SPATIAL AND TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE FIELD OF RADON IN CONNECTION WITH THE TECTONIC STRUCTURES

#### <sup>1</sup>Sukhorukov M.V., <sup>2</sup>Spivak A.A.

<sup>1</sup>Institute of Geosphere Dynamics, RAS (IDG RAS), Moscow; <sup>2</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), Moscow, e-mail: m-vsu@yandex.ru

In work results of the analysis of existential numbers of volume activity of radon <sup>222</sup>Rn (OA), including synchronous time numbers on different depths, in areas of measurements with tectonic structures of a different rank are presented. Areas with tectonic structures of a different rank are characterised, as a rule, by active geodynamic processes with different intensity that can be reflected in stability of technogenic constructions. It is established that average values and variations OA <sup>222</sup>Rn are defined by an arrangement of sources of radon, middle sites of tectonic structures and monotonously increase with depth. It is established that time variations on different depths are synchronous that speaks about the considerable contribution to process of carrying over of a filtration and nonlinear diffusion. The carrying out model on a radon surface <sup>222</sup>Rn in which the factor of diffusion of radon depends on depth is offered, and speed of a filtration is constant.

Keywords: radon, degassing of the Earth, mapping tectonic structures, tectonic fault, tectonic disturbance, underground migration of gases

Районы с тектоническими структурами разного ранга характеризуются, как правило, активными геодинамическими процессами с разной интенсивностью, что может отражаться на устойчивости техногенных сооружений. Хорошим индикатором геодинамических процессов является исследование почвенного радона <sup>222</sup>Rn [8, 9].

Профильные измерения объемной активности радона <sup>222</sup>Rn (OA) проводились в период 2004–2010 гг. в нескольких регионах России, характеризующихся разной геодинамической активностью, и выполнялись методом отбора проб один раз в час с помощью автоматизированных радиометров радона PPA-03, PPA-04, PГА-01A с глубины 0,8 м, вариации температуры на которой за время измерения пренебрежимо малы. Пункты регистрации были стационарные и оперативные, располагались как в зонах влияния нарушений сплошности

земной коры, так и на серединных участках структурных блоков.

В пределах Московской синеклизы измерения осуществлялись на южной окраине Пачелмского авлакогена (район Нелидово Рязанской тектонической структуры) [2, 4] и северной окраине Подмосковного авлакогена (район Ногинской тектонической структуры) [5]. В зонах влияния более активных на современном этапе структур также проводились измерения: в Прибайкалье на участках Тункинской ветви рифтовых впадин Байкальской рифтовой зоны [1] и на Алтае (пункты оперативной регистрации располагались вдоль профилей, пересекающих Курайскую и Чуйскую тектонические структуры) [5].

Пункты оперативной регистрации, в которых проводились длительные измерения, выбирались на серединных участках тектонических нарушений (соответствуют

максимумам объемной активности вдоль профилей, пересекающих тектонические нарушения).

### Результаты исследований и их обсуждение

Во всех пунктах регистрировались устойчивые вариации ОА со временем с периодом около суток и 14 дней. Зоны влияния тектонических структур проявились повышенными значениями ОА: на серединных участках тектонических структур до 6 раз (чаще всего в 2–3 раза) по отношению к близлежащим серединным участкам структурных блоков (рис. 1).

Аномалии ОА могут быть привязаны не только к участкам разломных зон, но и к близкому залеганию источников радона. Для повышения надежности определения разлома изучают в исследуемом районе вариации ОА, вызванные активной геодинамикой. Эти вариации удобно характеризо-

вать величиной  $K_R = \frac{\dot{R}_{\rm max}}{R_{\rm min}}$ , относительным

коэффициентом приращения ОА в измеряемом пункте, здесь  $R_{\rm max}$  и  $R_{\rm min}$  — максимальные и минимальные суточные значения ОА за вычетом влияния атмосферного давления (рис. 2). Тектонические структуры проявляют себя также повышенными колебаниями (вариациями) ОА. Аномалия ОА, отмеченная на рисунке цифрой 1, соответствует местоположению срединной линии Ногинской

тектонической структуры. Аномалия ОА, отмеченная на рисунке цифрой 2, указывает на нахождение здесь источника радона с большей интенсивностью, так как вариации ОА сильно не проявляются.

Экспериментальное изучение и построение теоретической модели изменения поля радона со временем на разных глубинах необходимо для выяснения механизма миграции радона к поверхности в изучаемом районе, поиска закономерностей его вариаций.

В изучаемом районе (рис. 3) приповерхностных источников радона практически не наблюдается. Источниками радона в основном являются отложения бобриковской свиты визейского яруса нижнего карбона, которые выявляются в глинах, серых песках, прослойках бурых углей, залегающих на глубинах около 200 м.

- 1) значения ОА радона <sup>222</sup>Rn в подпочвенной атмосфере увеличиваются с глубиной;
- 2) временные вариации ОА подпочвенного радона <sup>222</sup>Rn близки к синхронным. Выявлены периодичности с циклами 0,5, 1 и 4 суток путем сравнения усредненных за время измерения спектров вариаций ОА с нахождением максимумов (рис. 5). С помощью метода вейвлет-анализа по импульсным вейвлет-функциям Daubechies 5-го порядка получены периодичности 1, 4, 14 суток во временных рядах. Амплитуда колебаний с периодичностью 1 сутки увеличивается в середине и в конце исследуемого временного интервала.

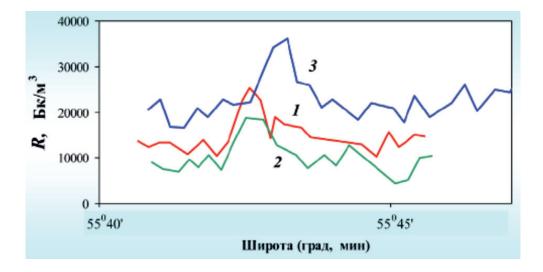


Рис. 1. Пространственные вариации ОА вдоль трех субмеридианных профилей, пересекающих Ногинскую тектоническую структуру (положение срединного участка отмечается наибольшей аномалией): средняя долгота:  $(1) - 38,3^{0}E$ ;  $(2) - 38,4^{0}E$ ;  $(3) - 38,5^{0}E$ 

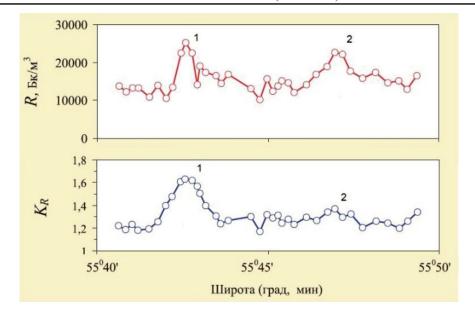


Рис. 2. Вверху – пространственные вариации ОА, внизу – относительный коэффициент приращения ОА вдоль субмеридианного профиля 1(38,3°E), пересекающего Ногинскую тектоническую структуру

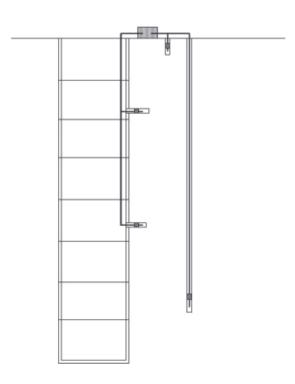


Рис. 3. Схема проведения измерений в зоне влияния Ногинской тектонической структуры в период с 21.05.2007 г. по 18.06.2007 г. на глубинах 0,8, 5,5, 9 и 11,5 м методом отбора проб воздуха в стабильных метеорологических условиях

По результатам эксперимента выяснено [7] (рис. 4).

3) изменение средних значений ОА радона с глубиной отличается от теоретической зависимости [3] (коэффициент диффузии = const, источник — на глубине) знаком второй производной (рис. 6).

С учетом того, что в изучаемом районе источники радона располагаются на глубине, то вынос радона на поверхность описывается уравнением нелинейной диффузии (*D* является функцией глубины) с конвективной составляющей (фильтрационное течение) от сосредоточенного источника на некоторой глубине.

Сформулирована и решена стационарная нелинейная задача по переносу радона в атмосферу в среде от сосредоточенного источника на некоторой глубине. Коэффициент диффузии радона зависит от глубины, скорость конвекции постоянна. Неизвестной функцией является ОА радона  $N_n$  в зависимости от глубины, причем вторая производная этой функции предполагается меньше нуля. Считается известным пара-

метр 
$$\varepsilon = \frac{N_0}{N_\infty}$$
 — отношение ОА радона на

поверхности к ОА на глубине (граничное условие).

Решение уравнение можно представить в виде

$$\left. \frac{N_n(z)}{N_\infty} \right|_t = 1 + \left(\varepsilon - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{z}{z_0}\right)^t, \qquad (\alpha)$$

при этом зависимость коэффициента диффузии от глубины

$$\begin{split} D(z) &= D_t(z) = -\frac{b}{t(t+1)} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_0}\right)^2 - \frac{a}{t} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_0}\right) + \\ &+ \frac{b}{t \cdot (1-\varepsilon)} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_0}\right)^{-(t-2)} + C \cdot \left(1 - \frac{z}{z_0}\right)^{-(t-1)}, \end{split}$$

$$a = -z_0 v \eta, \ b = -z_0^2 \lambda \eta,$$

где  $t \le 0$  и  $t \ge 1$ , C — постоянная,  $N_n$  — активность эманации  $^{222}$ Rn радона (Бк/см³);  $\lambda = 3 \cdot 10^{-6}$  (с¹) — постоянная распада  $^{222}$ Rn;  $\eta$  — пористость;  $\nu$  — скорость конвективного переноса в грунте (см/с);  $z_0 = 200$  м — глубина источников радона.

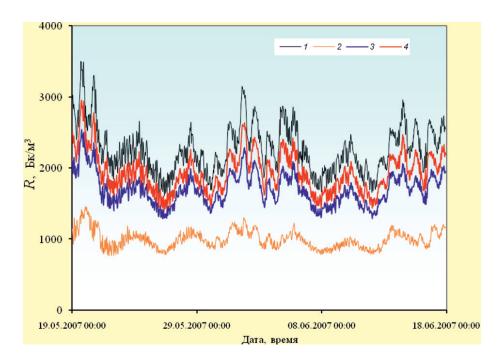


Рис. 4. ОА подпочвенного радона R на различных глубинах: (1) - 0.8 м, (2) - 5.5 м, (3) - 9 м, (4) - 11.5 м

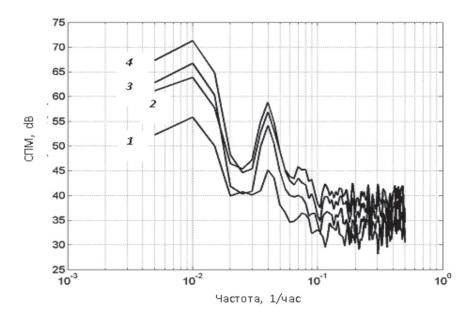


Рис. 5. Спектральная плотность мощности временных вариаций объёмной активности подпочвенного радона на различных глубинах: (1) - 0.8 м, (2) - 5.5 м, (3) - 9 м, (4) - 11.5 м

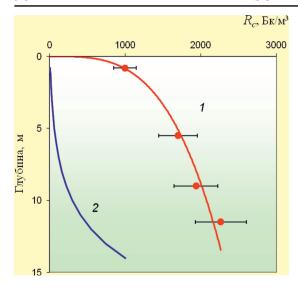


Рис. 6. Средние значения ОА подпочвенного радона за время измерения с глубиной; 1— эксперимент; 2— модель (пористость—0,05), коэффициентом диффузии 1,17 мкм²/с, граничные условия— ОА на поверхности равна нулю

Проведено сравнение теоретической модели с экспериментальными данными. В качестве основы для сопоставления выбрана модель от сосредоточенного источника на некоторой глубине с нелинейной диффузией и конвекцией (в районе проведения измерений отсутствуют значительные источники радона вплоть до глубины 200 метров). По экспериментальным точкам осуществлялась аппроксимация зависимостью вида

$$N_{r} = a_{1} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{0}}\right)^{r} + b_{1}, \qquad (\beta)$$

которая переходит в ранее полученную зависимость ( $\alpha$ ) при  $a_1 = N_{\infty} \cdot (\epsilon - 1)$ ,  $b_1 = N_{\infty}$ .

С помощью нелинейного метода наименьших квадратов подбирались коэффициенты. Ввиду того, что уравнение ( $\beta$ ) – линейное, а постоянных коэффициентов три, то для определения коэффициентов задавались их минимальные и максимальные значения. Получена серия зависимостей N от z с наиболее вероятными значениями  $a_1, b_1$  и t.

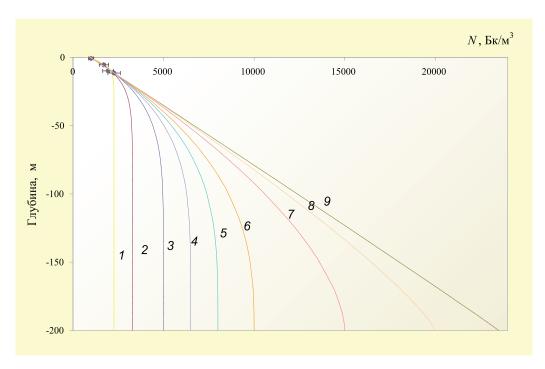


Рис. 7. Экспериментальные точки и аппроксимирующие функции вида  $N_i=a_1\cdot\left(1-\frac{z}{z_0}\right)^t+b_1;$  (1)  $a_1=-1533$  Бк/м³; t=41,00;  $b_1=2265$  Бк/м³;(2)  $a_1=-2411$  Бк/м³; t=13.86;  $b_1=3287$  Бк/м³; (3)  $a_1=-4082$  Бк/м³; t=6,70;  $b_1=5000$  Бк/м³;(4)  $a_1=-5569$  Бк/м³; t=4,62;  $b_1=6500$  Бк/м³; (5)  $a_1=-7062$  Бк/м³; t=3.52;  $b_1=8000$  Бк/м³; (6)  $a_1=-9056$  Бк/м³; t=2,67;  $b_1=10000$  Бк/м³; (7)  $a_1=-14050$  Бк/м³; t=1,67;  $b_1=15000$  Бк/м; (8)  $a_1=-19050$  Бк/м³; t=1,21;  $b_1=20000$  Бк/м³; (9)  $a_1=-22540$  Бк/м³; t=1;  $b_1=23500$  Бк/м³

Таким образом, экспериментальным данным и выпуклости кривой, построенной по экспериментальным точкам, удовлетворяет довольно широкий диапазон значений как объемной активности на глубине расположения источников (до 23500 Бк/м³) –  $N_{\infty}$ , так и t — степени изменения объемной активности с глубиной (от 1 до 41).

#### Выводы

Установлено, что средние значения и вариации ОА <sup>222</sup>Rn определяются расположением источников радона и серединных участков тектонических структур и монотонно увеличиваются с глубиной. Доказано, что временные вариации на разных глубинах синхронны, что говорит о значительном вкладе в процесс переноса фильтрации и нелинейной диффузии. Предложена модель выноса на поверхность радона <sup>222</sup>Rn, в которой коэффициент диффузии радона зависит от глубины, а скорость фильтрации постоянна.

#### Список литературы

1. Адушкин В.В., Спивак А.А., Локтев Д.Н., Соловьев С.П., Харламов В.А. Инструментальные наблюдения

- за геофизическими полями Тункинской рифтовой зоны. Межгеосферные взаимодействия. Материалы семинара-совещания в ИДГ РАН 26–27 сентября 2011 г. Москва: ГЕОС, 2011. С. 27–42.
- 2. Адушкин В.В., Спивак А.А., Кишкина С.Б., Локтев Д.Н., Соловьев С.П. Динамические процессы в системе взаимодействующих геосфер на границе «земная кораатмосфера» // Физика Земли. -2006. № 7. С. 34–51.
- 3. Новиков Г.Ф., Капков Ю.Н. Радиоактивные методы разведки. Ленинград: Недра, 1965. 759 с.
- 5. Спивак А.А., Сухоруков М.В., Харламов В.А. Эманация природного радона на приповерхностных участках. Физические поля и динамика взаимодействующих геосфер. Сборник научных трудов ИДГ РАН. Москва: ГЕОС, 2007. С. 40–47.
- 6. Спивак А.А., Кожухов С.А., Сухоруков М.В., Харламов В.А. Эманация радона как индикатор интенсивности межгеосферных взаимодействий на границе «земная кора-атмосфера» // Физика Земли. 2009. № 2. С. 34–48
- 7. Спивак А.А., Сухоруков М.В., Харламов В.А. Особенности эманации радона 222 Rn с глубиной // Доклады Академии Наук. -2008. Toм 420. № 6. C. 1–4.
- 8. Фирстов П.П., Макаров Е.О. Реакция подпочвенного и растворенного в подземных водах радона на изменение напряженно-деформированного состояния земной коры // Сейсмичнские приборы. 2015. Т. 51, № 4. С. 58–80.
- 9. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон как индикатор геодинамических процессов // Геология и геофизика. — 2010. — Т. 51. № 2. — С. 277—286.

УДК 551.524.3

#### АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КРЫМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Хаупшева М.Х., Шугунов Т.Л., Шугунов Л.Ж.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: Haupshewa@yandex.ru

В работе приведены результаты исследования режима температуры в республике Крым (г. Симферополь) по данным метеонаблюдений. Проведено исследование и анализ на основе разложения временного ряда значений температуры на основные составляющие: регулярную (тренд-циклическую) и случайную. Выделение циклической составляющей основано на преобразовании Фурье-ряда, но так как оно содержит все гармоники, то возникает необходимость выделения из них основных гармоник (скрытых периодов). Поиск основных гармоник осуществляется в областях максимума спектра, перебирая пробные гармоники, удовлетворяющие критериям случайностей остатка ряда, а также согласованием регулярной части ряда с результатами метода классической декомпозиции и метода фильтра 4253H. С использованием современных методов и средств компьютерных технологий составлены соответствующие программы и проведены расчеты. В результате такого анализа построена модель динамики среднегодовой температуры и проведено ее прогнозирование до 2035 года.

Ключевые слова: временной ряд, циклический тренд, метеопараметр, классическая декомпозиция, прогнозирование, асимметрия, автокорреляционная функция

### THE ANALYSIS AND THE FORECAST OF VALUES OF AVERAGE ANNUAL TEMPERATURE OF THE CRIMEA WITH USE OF COMPUTER TECHNOLOGIES

#### Haupsheva M.Kh., Shugunov T.L., Shugunov L.Zh.

Kabardino-Balkarian state university of H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: Haupshewa@yandex.ru

In work results of a research of the mode of temperature are given in the Republic of Crimea (Simferopol) according to meteorological observations. The research and the analysis on the basis of decomposition of a temporary number of values of temperature on the main components is conducted: regular (a trend – cyclic) and accidental components. Allocation of a cyclic component is based on Fourier's transformation of a row, but as it contains all harmonicas, there is a need of allocation from them the main harmonicas (the hidden periods). Search of the main, harmonicas is performed in areas of a maximum of a range, touching the trial harmonicas meeting criteria of accidents of a remaining balance of a row and also coordination of a regular part of a row with results of a method of classical decomposition and a method of the filter 4253H. With use of modern methods and means of computer technologies, appropriate programs are constituted and calculations are carried out. As a result of such analysis, the model of dynamics of annual average temperature is constructed and forecasting till 2035 is carried out it.

Keywords: time row, cyclic trend, meteoparameter, classical decomposition, forecasting, asymmetry, autocorrelated function

При исследовании изменений климата, с использованием данных многолетних наблюдений, возникает необходимость разложения временных рядов метеопараметров на основные составляющие. Если ряд не содержит сезонные компоненты, то задача сводится к разложению его на тренд, циклический тренд и случайную составляющие. К таким рядам относятся, например, многолетние ряды среднегодовых значений метеорологических параметров: среднегодовая температура, среднегодовое количество выпавших осадков и т.д. Анализу временных рядов посвящено много работ [1, 3, 4], в которых изложены основные методы обработки рядов, а программной реализации посвящена [2].

В данной работе проводится анализ и исследование временного ряда многолетних значений среднегодовой температуры в республике Крым (г. Симферополь). Сна-

чала проведен предварительный статистический анализ исследуемых временных рядов. В табл. 1 приведены результаты такого анализа.

Из данных табл. 1 следует, что асимметрия отрицательная и умеренная, эксцесс положительный — слабый, а размах температуры достигает около четырех градусов. Эти результаты осредненные и не позволяют оценить динамику температуры.

Проведена проверка значимости тенденции роста среднегодовой температуры в современный период по сравнению с климатической нормой по критерию Крамера-Уэлча. Использование этого критерия, а не критерия Стьюдента, связано с тем, что для последнего не выполнены условия применимости. По критерию Крамера-Уэлча (sig. = 2,762 > 1,96) тенденция роста температуры значима на уровне p = 0,05.

Таблица 1 Описательные статистики среднегодовой температуры Крыма

Пермен	Средн	Мин	Макс	Дисп	Стд. отк	Ст. ош	Асим	Эксц
Ср темп Симфер	10,826	8,747	12,753	0,7007	0,837	0,107	-0,506	0,105

Проведенный предварительный анализ свидетельствует о необходимости более глубокого анализа изменения среднегодовой температуры исследуемого региона.

Следуя методике [5], в работе проведено исследование, построена модель и вычислены прогнозные значения временного ряда среднегодовой температуры.

Результаты предварительного анализа показывают, что для описания временного ряда значений среднегодовой температуры его можно представить аддитивной моделью вида

$$Z_i(k) = m(t) + C_i(k) + \xi, k = 1, 2, ...N, (1)$$

где N — число членов ряда, j = 1,2 — номер пункта наблюдения,  $C_j(k)$  — циклический тренд, подлежащий определению, а  $\xi$  — случайная часть с нормальным законом распределения, с нулевым математическим ожиданием, k — номер ряда, m(t) — линейный тренд, определяемый по формуле

$$m(t) = n + kt$$

где коэффициенты n, k определяются методом наименьших квадратов.

После выделения полиномиального тренда ряд содержит только циклический тренд и нерегулярную часть.

Для выделения циклических составляющих временного ряда и программной реализации широко используется спектральный анализ рядов [2–4]. Однако, как известно, для использования результатов спектрального анализа для построения моделей прогнозирования, необходимо их дополнить различными критериями выбора основных периодов. Следуя [5], в данной работе в качестве дополнительных критериев используются критерии случайностей остатка ряда, а также критерии, основанные на согласовании полученных результатов с результатами широко известных методов сглаживания временных рядов.

В качестве критериев случайностей остатка ряда используются число поворотных точек, статистика Дарбина-Уотсона автокорреляционные функции и коэффициенты корреляции Пирсона. Критериями проверки циклического тренда выбраны метод классической декомпозиции и метод, основанный на использовании фильтра 4253 Н.

Разлагая центрированный временной ряд значений метеопараметра в ряд Фурье, построены периодограмма и спектр ряда по известным формулам.

Периодограмма ряда определяется по формуле

$$S_i^2 = a_i^2 + b_i^2$$
,  $j = 1, 2, ..., g$ , (2)

где  $a_j$  и  $b_j$  коэффициенты разложения Фурье ряда, определяемые по известным формулам:

$$a_{j} = \frac{2}{T} \sum_{t=1}^{T} y_{t} \cos \frac{2\pi}{T} jt$$
, (3)

$$b_{j} = \frac{2}{T} \sum_{t=1}^{T} y_{t} \sin \frac{2\pi}{T} jt, \ j = 1, 2, ..., g$$
 (4)

При четном Т, к ним добавляется

$$a_{T/2} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T} y_t (-1)^t$$

В результате анализа получен линейный тренд ряда, определяемый по формуле

$$m(t) = 10.35 + 0.015 *t$$

где t — время.

Отсюда следует, что наблюдается повышение среднегодовой температуры, что объясняется, по-видимому, антропогенными факторами и согласуется с теорией глобального потепления климата. Для выделения остальных составляющих временного ряда необходимо исключить линейный тренд из ряда. Тогда получим центрированный временной ряд, который можно рассматривать как стационарный и к нему можно применить спектральный анализ.

Так как периодограмма ряда является случайной, проводится ее сглаживание, используя спектральные окна, в частности, использовано окно Хемминга с шириной окна m=5. Формула Хемминга определяется в виде

$$w_{j}=0{,}54+0{,}46{*}\cos(\pi{*}j/p)$$
 (для  $j=0$  до  $p$ ),  $w_{-j}=w_{j}$  (для  $j\neq0$ ).

Результаты такого анализа для временного ряда центрированных значений среднегодовой температуры, периодограммы гармоник и спектральная плотность приведены на рис. 1.

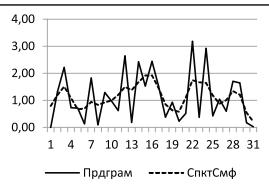


Рис. 1. Периодограмма и спектр среднегодовой температуры Крыма

Из графиков видно, что периодограмма имеет относительно большое число пиков, а спектр ряда — пять наиболее ярко выраженных максимумов, в области которых проводится поиск значимых гармоник.

Как известно, для оценки степени корреляции используется статистика Дарбина-Уотсона, определяемая по формуле

$$d = \sum_{i=1}^{n} (e_i - e_{i-1})^2 / \sum_{i=1}^{n} e_i^2 , \qquad (5)$$

где  $e_i$  – остаток ряда.

Составлены соответствующие программы на языке высокого уровня и проведены расче-

ты. По статистике (5) проведен анализ остатка ряда, последовательно включая в циклический тренд пробные гармоники, полученные по результатам спектрального анализа.

Одним из критериев адекватности модели является невязка, определяемая по формуле

$$\sum_{i=1}^{q} (Y_i - F_i(\omega))^2) = \min, \qquad (6)$$

где  $Y_i$ ,  $F_i$  — фактические и модельные значения ряда, соответственно.

Аналогичные исследования проведены и по другим критериям.

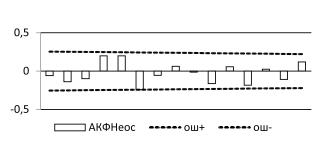
В табл. 2 приведены значения критериев для различных вариантов, по которым осуществляется выбор основных периодов.

Из данных таблицы следует, что по комплексу параметров наиболее подходит вариант 3 (3 строка), так как большинство критериев соответствует теоретическим значениям, немного уступая по некоторым критериям 4-му варианту (4 строка). Однако вариант 3 лучше по значениям АКФ (см. рис. 2), кроме того, в 4-м варианте отсутствует частота, соответствующая максимальному значению спектра. Поэтому выбирается 3-й вариант с периодами: 60, 10, 2,9 лет.

На рис. 2 приведены некоторые результаты такого анализа.

Таблица 2 Значения критериев случайностей остатка ряда температуры

Периоды	Крите		Число поворот-		Невязка	Коэффициенты корр. Пирсона			
(лет)	Дарбина-Уотсона		сона ных точек		(°C)	Фкт-	Дек-	4253Н-пргоноз	
						прогноз	прогноз		
	факт.	теор.	факт.	теор.					
60, 10, 4,6, 2,9	2,19	2	36	38,7	23,3	0,55	0,46	0,40	
60, 10, 4,6	2,12	_	34	_	33,9	0,31	0,49	0,52	
60, 10, 2,9	2,11	_	35	_	26,7	0,50	0,49	0,49	
60, 10	2,17	_	36	_	31,6	0,37	0,68	0,73	
10, 4,6, 2,9	2,21	_	36	_	44,7	0,16	0,37	0,38	



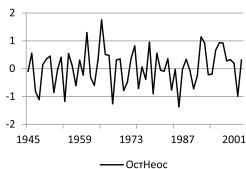


Рис. 2. АКФ остатков ряда (слева) и остатков ряда (справа)

Видно, что АКФ остатка ряда, полученного как разность фактических и модельных значений выбранного варианта, удовлетворяет условию случайности на уровне p=0.05. По графику остатков ряда (справа) определяется число поворотных точек, теоретическое значение определяется по формуле [3]:

$$N = 2/3(n-2). (4)$$

Далее проведены аналогичные исследования для оценки регулярной части ряда, а именно по согласованию результатов мо-

дели, с результатами широко используемых методов сглаживания рядов, в частности, метода классической декомпозиции и фильтра 4253Н. Ниже, на рис. 3 приведены результаты такого анализа.

Из графиков рисунка видно, что методы классической декомпозиции и фильтра 4253Н дают более сглаженные значения по сравнению с результатами модели, которые более точно отражают основные характеристики исходного ряда, но в целом они согласуются между собой.

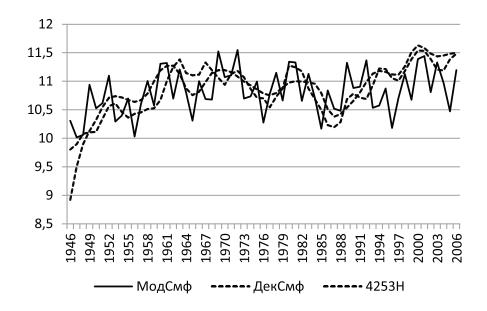


Рис. 3. Графики значений среднегодовой температуры: по модели (сплошная), метод классической декомпозиции (точечная) и фильтра 4253H (пунктирная)

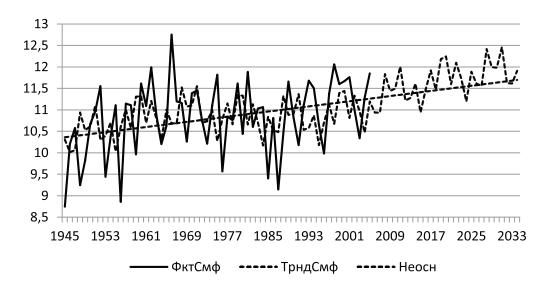


Рис 4. Фактические (сплошная линия) и прогнозные (пунктирная линия) значения среднегодовой температуры Крыма

Таблица 3

Фактические и прогнозные значения ряда

Факт.	9,98	11,4	12,1	11,6	11,7	11,8	11	10,3	11,3	11,8	Ср
Прогн.	10,2	10,7	11,1	10,7	11,4	11,4	10,8	11,3	11,0	10,5	
Отн. ош.	1,96	5,83	7,75	7,94	2,37	2,73	1,72	9,6	2,76	11,6	5,4

Окончательный выбор параметров модели проводится по наилучшему согласованию (по минимуму невязки) с учетом всех критериев.

В результате для среднегодовой температуры Крыма получена модель вида:

$$T(t) = 10,35 + 0,015 * t - -0,14\cos\left(\frac{\pi}{30}t\right) + 0,25\sin\left(\frac{\pi}{30}t\right) - -0,29\cos\left(\frac{\pi}{30}10t\right) - 0,114\sin\left(\frac{\pi}{30}10t\right) - -0,337\cos\left(\frac{\pi}{30}21t\right) + 0,196\sin\left(\frac{\pi}{30}21t\right). (6)$$

По формуле (6) проведены расчеты прогнозных значений до 2035 года. На рис. 4 приведены графики фактических и прогнозных значений ряда.

Из рис. 4 видно, что прогнозные значения ряда изменяются достаточно сложно в соответствии с моделью (6). На фоне повышения в среднем среднегодовой температуры, от 10,5 до 11,7 градусов, наблюдаются циклические колебания. Наибольшие значения среднегодовая температура будет принимать в 2007—2015, 2021—2025 и 2029—2033 годы, а наименьшие — в 2017—2019 и 2026—2028 годах. Для оценки точности метода, на рисунке

(справа), приведены графики фактических и прогнозных значений ряда за последние 10 лет.

Относительная ошибка прогноза определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{y_{\phi i} - y_{ni}}{y_{\phi i}} \right| \cdot 100\%,$$

где  $y_{\phi i}, y_{\pi i}$  — фактические и прогнозные значения ряда, соответственно

Для оценки точности прогноза проведено прогнозирование последних членов ряда, результаты которых приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, средняя относительная ошибка последних 10 членов равна 5,4%, максимальная среди них равна 11,6%, которые свидетельствуют о высокой точности прогноза.

#### Список литературы

- 1. Андерсон Т.В. Статический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 755 с.
- 2. Боровиков В.П., Ивченко Г.И. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде WINDOWS. М.: «Финансы и статистика», 1999.-382 с.
- 3. М. Кендэл. Временные ряды. М.: «Финансы и статистика», 1981. 200 с.
- 4. Серебренников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. М.: «Наука», 1965. 244 с.
- 5. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л., Шугунова Л.Э. Методика аппроксимации временных рядов многолетних наблюдений природных процессов. Естественные и технические науки. 2011. N 1 (51). C. 246-250.

УДК 551.312.48

#### ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР УРОЧИЩА ПЫМВАШОР (БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКАЯ ТУНДРА)

<sup>1</sup>Шевченко В.П., <sup>2</sup>Любас А.А., <sup>1</sup>Стародымова Д.П., <sup>2</sup>Болотов И.Н., <sup>2</sup>Аксёнова О.В., <sup>3</sup>Алиев Р.А., <sup>2</sup>Гофаров М.Ю., <sup>2</sup>Игловский С.А., <sup>2</sup>Кокрятская Н.М.

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: vshevch@ocean.ru; 
<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН, 
Архангельск, e-mail: artem.lyubas@mail.ru; 
<sup>3</sup>Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 
Москва, e-mail: ramiz.aliev@gmail.com

В статье представлены результаты геохимических исследований донных осадков двух малых озер урочища Пымвашор, расположенного в Большеземельской тундре и являющегося самым северным в континентальной части Европы местом, где действуют горячие источники. Две колонки донных осадков были отобраны в сентябре 2010 г. Донные осадки в первом озере имели мощность 14 см и были литологически однородными, богатыми органическим веществом. Скорость осадконакопления по <sup>210</sup>Pb оказалось невозможно определить, так как, по-видимому, донные осадки в этом озере были перемешаны. Во втором озере отобрана колонка мощностью 38 см, скорость осадконакопления там составила 2 мм/год. Эта колонка четко разделяется на два литологически контрастных слоя (богатый органикой слой 0–26 см и слой 26–38 см, состоящий из бедного органикой глинистого ила с примесью песка). Элементный состав донных осадков был определён методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС) и масспектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС). В обеих колонках была установлена сульфатредукция, ведущая к накоплению халькофильных элементов в форме сульфидов. Для некоторых элементов (Рb, Bi, Hf, Zn) отмечено существенное возрастание их содержания вверх по разрезу за счёт поступления этих элементов в результате дальнего воздушного переноса от промышленных источников и осаждения из атмосферы в течение последних 130 лет.

Ключевые слова: малые озёра, урочище Пымвашор, донные осадки, природный архив, скорости осадконакопления, элементный состав, органический углерод, дальний атмосферный перенос

### GEOCHEMISTRY OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKES IN PYMVASHOR TROUGH (BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA)

<sup>1</sup>Shevchenko V.P., <sup>2</sup>Lyubas A.A., <sup>1</sup>Starodymova D.P., <sup>2</sup>Bolotov I.N., <sup>2</sup>Aksenova O.V., <sup>3</sup>Aliev R.A., <sup>2</sup>Gofarov M.Yu., <sup>2</sup>Iglovsky S.A., <sup>2</sup>Kokryatskaya N.M.

<sup>1</sup>P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, e-mail: vshevch@ocean.ru; <sup>2</sup>Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, e-mail: artem.lyubas@mail.ru; <sup>3</sup>National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, e-mail: ramiz.aliev@gmail.com

Results of geochemical studies of small lakes bottom sediments of Pymvashor Trough are presented in the article. This trough is situated in the Bolshezemelskaya Tundra. It is the mostly northern place in the continental Europe where hot springs function. Two sediment cores have been collected in September 2010. Thickness of bottom sediments in the 1st lake was 14 cm; they were lithologically homogenic, rich in organic matter. It was not possible to determine sedimentation rate using 210Pb method, probably because sediments were mixed. Sediment core of 38 cm long has been collected in the 2nd lake. Sedimentation rate there was 2 mm/year. This core is stratified in 2 layers (0–26 cm layer of organic rich sediments and 26–38 cm layer of poor in organic matter clay mud with sand). Elemental composition of bottom sediments was determined by inductively coupled atomic emission spectrometry (ICP-AES) and by inductively coupled mass spectrometry (ICP-MS). Sulfate reduction was revealed in both sediment cores. Some chemical elements (Pb, Bi, Hf, Zn) content increases in the upper layers as a result of long-range atmospheric transport from industrial sources and deposition during last 130 years.

Keywords: small lakes, Pymvashor trough, bottom sediments, natural archive, sedimentation rates, elemental composition, organic carbon, long-range atmospheric transport

Донные осадки озер являются ценными природными архивами, с помощью которых можно реконструировать изменения условий окружающей среды [1, 2, 6, 8, 9, 14, 16]. Отличительной особенностью донных осадков малых озёр является сравнительно высокая скорость осадконакопления и слабое их перемешивание, что даёт возмож-

ность определить динамику поступления тяжёлых металлов в водоём, в том числе за счет осаждения из атмосферы. Атмосферный перенос — это важный путь поступления рассеянного осадочного вещества в океаны, моря, озера [2, 5, 11, 12, 17].

Данная работа посвящена изучению распределения тяжелых металлов и орга-

нического углерода в донных осадках двух малых озёр урочища Пымвашор, расположенного на востоке Большеземельской тундры (рис. 1) и являющегося самым северным в континентальной части Европы местом, где действуют термальные источники, и происходит накопление травертинов [4, 10].

#### Материалы и методы исследования

Пробы донных осадков были отобраны в сентябре 2010 г. с помощью пробоотборника гравитационного типа с вакуумным клапаном. Пробоотбор проводился в двух точках, показанных на рис. 2. Керн длиной 14 см отобран в озере № 1 (LPYM-1) в точке с координатами 67°9'37,86» с.ш., 60°51'40,2» в.д. Пробоотборник уткнулся в коренные породы (известняки нижнего карбона). Озеро № 2 (LPYM-2) подстилается глинами, под которыми залегают известняки нижнего карбона. Керн длиной 38 см был отобран в этом озере в точке с координатами 67°9'52,02» с.ш., 60°51'9,96» в.д.

В дальнейшем осадки были высушены в сушильном шкафу при температуре 60–65 °С и растерты до состояния пудры. Содержание органического углерода определяли на CHN-анализаторе 185 (Hewlett-Packard<sup>TM</sup>).

В аликвотах полученных проб была измерена активность <sup>210</sup>Pb, которая определялась гамма-спектрометрически по линии 46,5 кэВ с помощью спектрометра с планарным полупроводниковым детектором из сверхчистого германия GLP-36360/13P4 Ortec. Калибровка проводилась по стандартному образцу IAEA-448 [13].

Элементный анализ проб проведен в Аналитическом сертификационном испытательном цен-

тре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ РАН). Для определения элементного состава навески растертых проб массой 100 мг были разложены в тефлоновых стаканах смесью сильных кислот ( $HClO_4$ , HF,  $HNO_3$ , HCl). Стандартные образцы (донный ил оз. Байкал БИЛ-1 (ГСО 7126-84) и донные отложения оз. Байкал (ГСО 7126-95) подвергались тем же процедурам, что и пробы. Содержание Li, Na, Mg, Al, P, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ва в пробах определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (iCAP-6500, Thermo Scientific, США). Содержание Li, Be, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Nb, Rh, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th и U в образцах определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (X-7, Thermo Elemental, США). Более подробно методика элементного анализа описана в работе [3].

Для выявления вклада литогенного и иных (антропогенный, биогенный) источников осадочного вещества был вычислен коэффициент обогащения (КО) по формуле

#### КО = (Элемент/Sc)пробы/(Элемент/Sc)з.к.,

где «Элемент» и Sc — это содержание элемента и скандия в пробе и земной коре (з.к.) соответственно [15]. Элементы, для которых значение КО не превышает 3, имеют преимущественно терригенный источник, близкий по составу к земной коре. Элементы, для которых КО превышает 3, имеют какой-либо дополнительный источник.

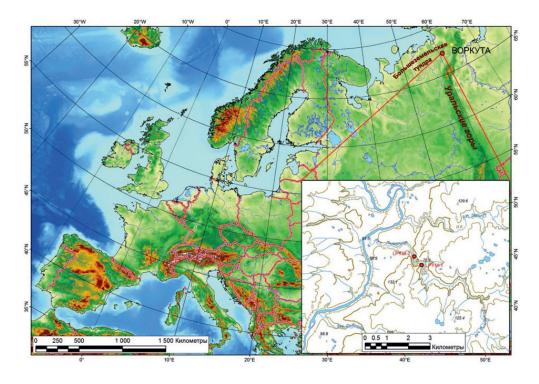


Рис. 1. Географическое положение урочища Пымвашор



Рис. 2. Расположение озёр № 1 (LPYM-1) и № 2 (LPYM-2) в урочище Пымвашор

### Результаты исследования и их обсуждение

Скорость осадконакопления в озере № 2, оцененная по активности <sup>210</sup>Pb, составила 2 мм/год. Значит, верхние 26 см осадка накопились приблизительно за 130 лет. Для керна донных осадков озера № 1 скорость осадконакопления определить не удалось, т.к. измеренные активности <sup>210</sup>Pb были распределены беспорядочно, что свидетельствует о перемешивании слоёв и не позволяет выявить тенденции в накоплении тяжелых металлов.

Колонка донных осадков озера № 1 достаточно однородна и представлена илистым осадком темного цвета с волокнами органического вещества и характерным запахом гниения. Донные осадки озера № 2 четко стратифицированы: верхние 28 см осадков аналогичны осадкам озера № 1, в то время как нижние 10 см представлены глинистым илом серого цвета с примесью песка.

Несмотря на однородный литологический состав донных осадков озера  $\mathbb{N}$  1, по элементному составу можно выделить 2 слоя: верхние 9 см характеризуются повышенным содержанием  $C_{opr}$ , N и биофильных элементов и пониженным содержанием литогенных элементов; напротив, в нижних 2 см снижено

содержание  $C_{opr}$ , N и биофильных элементов. Между этими двумя слоями находится приблизительно 3 см промежуточного слоя (рис. 3). В верхних 9 см осадка среднее содержание  $C_{\text{орг}}$  и  $N_{\text{орг}}$  равно соответственно 21 и 5,9%, а в нижних 2 см - 1,9 и 0,32% соответственно. Содержание железа возрастает в верхней части так же, как содержание биофильных элементов. Халькофильные элементы распределены в колонке либо равномерно (Ni, Ag, Sb, Bi), либо их содержание выше в верхней части колонки (Co, Zn, As, Mo, Cd). Интересно поведение Cu и Pb – распределение этих халькофильных элементов аналогично распределению литогенных элементов. Повышенное содержание железа и некоторых халькофильных элементов в верхней части колонки связано с активностью процессов сульфат-редукции, обусловленной высоким содержанием органического вещества и недостатком кислорода.

Элементный состав осадков озера № 2 отображает их литологический состав. В верхних 26 см осадка среднее содержание органического углерода ( $C_{\rm opr}$ ) составляет 32,75%, среднее содержание органического азота ( $N_{\rm opr}$ ) — 2,39%, в слое осадка 28—38 см содержание  $C_{\rm opr}$  составляет 0,26%, а  $N_{\rm opr}$  ниже предела обнаружения (рис. 4). Слой 26—28 см занимает промежуточное положение по содержанию элементов. По-

добно  $C_{\text{opt}}$  распределяется ряд элементов: Р, S, Mn, Са, превышение их содержания в верхнем слое по сравнению с нижним составляет 3-4 раза, а для серы достигает 21. Все эти элементы являются биофильными [7] и, по-видимому, связаны с органическим веществом, которым обогащена верхняя часть колонки. Повышенное содержание серы в верхней части колонки также связано с явлением сульфатредукции, на это указывает и запах сероводорода, который был отмечен при отборе проб. Содержание железа, кобальта, никеля, меди, серебра и висмута находится на одном уровне в верхнем и нижнем слое осадка, содержание цинка, мышьяка, молибдена в 2–3 раза выше в верхнем слое, а содержание кадмия в 12 раз выше в верхнем слое. Эти элементы образуют малорастворимые сульфиды в присутствии сероводорода и, выпадая в осадок, обогащают верхний слой осадка.

Содержание всех остальных элементов в 5–29 раз выше в нижних 10 см осадка по сравнению с верхними 26 см. Такая разница в содержании определяется существенным разбавлением органическим веществом материала верхней части колонки, где содержание органического углерода превышает 25%.

В нижних 10 см осадка коэффициенты обогащения (КО) для всех элементов не превышают 1,5. В поверхностном слое (0-1 см) максимальные значения КО характерны для Sn, Ni, Fe, Sr, Hf, Cu, Co, Bi (3 < KO < 10) и Pb, Mn, Sb, Ca, Ag, Mo, As, Zn (10 < KO < 38). Максимальные KO в верхнем слое осадков получены для Р (105) и Cd (224). Обогащение верхнего слоя осадков такими элементами, как Мп, Са, Р связано с биофильностью этих элементов [7]. Для Sn, Ni, Fe, Cu, Co, Bi, Sb, Ag, Mo, As, Zn обогащение верхнего слоя осадков связано с тем, что эти элементы ассоциируются с сульфидами [7]. Для многих элементов КО в слое 24–26 см выше, чем в верхнем слое осадков, или находится на том же уровне. Только Pb, Zn, P и Ві характеризуются более значительным обогащением в верхнем слое. Содержание Pb, Bi, Hf, Zn существенно возросло за последние 130 лет за счёт дальнего воздушного переноса от промышленных центров и осаждения из атмосферы. Аналогичное увеличение содержания этих металлов с конца XIX века, когда началось активное развитие промышленности в Европе и Северной Америке, зафиксировано в донных осадках озёр [6, 8, 14, 16].

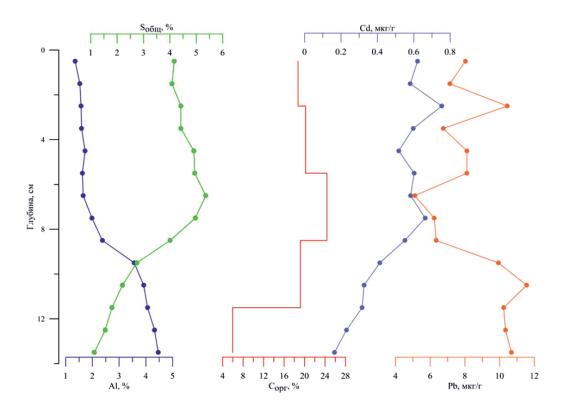


Рис. 3. Вертикальное распределение алюминия, серы, органического углерода, кадмия и свинца в толще осадков озера № 1 урочища Пымвашор

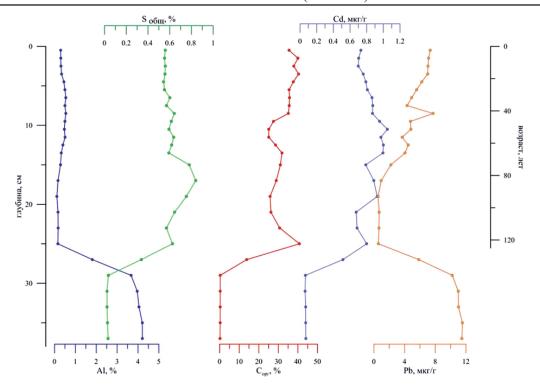


Рис. 4. Вертикальное распределение алюминия, серы, органического углерода, кадмия и свинца в толще осадков озера № 2 урочища Пымвашор

Содержание (мкг/г) микроэлементов в поверхностном слое (0–1 см)
донных осадков озер различных регионов

Озеро	Ni	Cu	Zn	Cd	Sb	Pb	Bi	Источник
№ 1 (LPYM-1)	19,1	8,8	110	0,62	0,32	8,0	0,085	Данная работа
№ 2 (LPYM-2)	7,2	8,3	92,6	0,73	0,21	7,3	0,052	Данная работа
Озеро в 30 км к западу от Воркуты	_*	_	_	1,5	_	17	_	[2]
Южная Швеция, фоновые районы (среднее значение)	_	16	90	0,6	_	30	_	[14]
Северная Швеция, фоновые районы (среднее значение)	_	16	100	0,3	_	<10	_	[14]
Пежихерье, реперная станция	33,7	34,6	201	2,31	1,4	53,4	0,41	[8]
Пежихерье, ст. 20	32,1	30,7	231	1,54	0,98	41,3	0,26	[8]

Примечание. \* Отсутствуют данные.

При сравнении элементного состава осадков двух озер урочища Пымвашор обращает на себя внимание значительное более высокое содержание серы и железа в осадках озера № 1 (разница с осадками озера № 2 составляет почти один порядок). Сопряженность этих двух элементов позволяет предположить, что эта разница определяется более высоким содержанием аутигенных сульфидов железа.

Было проведено сравнение содержания тяжелых металлов в осадках озера урочища

Пымвашор с опубликованными данными по другим озерам (таблица). Содержание тяжёлых металлов в поверхностном слое озёр урочища Пымвашор в 2–3 раза ниже их содержания в донных осадках озера Пежихерье (Кенозерский национальный парк, юго-западная часть Архангельской области) и близко к содержанию в озёрах Северной Швеции, расположенных вдали от промышленных районов. Это свидетельствует о снижении потоков из атмосферы за счет удалённости от крупных промышленных

центров. Но в поверхностном слое донных осадков малого озера, расположенного в 30 км к западу от г. Воркуты, содержание кадмия было в 2,5 раза выше, чем в озёрах урочища Пымвашор, а содержание свинца — в 2 раза выше. Таким образом, влияние выбросов предприятий Воркутинского района, где с 1930-х идёт активная добыча каменного угля и его сжигание для целей энергетики, расположенного в 140 км к востоку от урочища Пымвашор, на накопление кадмия и свинца в донных осадках изученных нами озёр незначительно.

#### Заключение

- 1. Распределение элементов в колонке донных осадков во многом определяется литологическими особенностями осадка, который четко разделяется на два слоя. Для верхнего слоя характерны высокое содержание органического вещества, активные биогеохимические процессы, сульфатредукция и сульфидное минералообразование. Нижний слой сложен литогенным материалом с низким содержанием органики. Поэтому в верхнем слое осадков (0-26 см), которые отлагались в течение последних 130 лет, наблюдаются более высокие содержания биофильных элементов (Са, Р, Мп) и элементов сульфидной ассоциации (S, Sn, Ni, Fe, Cu, Co, Bi, Sb, Ag, Mo, As, Zn).
- 2. Коэффициенты обогащения в нижнем слое 10 см осадков не превышают 1,5 для всех элементов, что подтверждает литогенное происхождение нижнего слоя осадков. В верхнем слое осадков повышенные КО имеют элементы сульфидной ассоциации и биофильные элементы, а также Sr, Hf и Pb.
- 3. Содержание Pb, Bi, Hf, Zn значительно увеличилось за последние 130 лет за счёт дальнего воздушного переноса от промышленных источников и осаждения из атмосферы.

Авторы выражают благодарность академику А.П. Лисицыну за ценные советы, Р.Б. Ивахновой за определение содержания углерода и азота в пробах. Исследование выполнено при финансовой поддержке  $P\Phi\Phi U$  (грант № 16-35-50204 мол-нр).

### Список литературы

1. Богданов Ю.А., Купцов В.М., Шевченко В.П., Бобров В.А., Гавшин В.М. Современные потоки химических

- элементов из водной толщи в донные осадки озера Байкал // Доклады Академии наук. 1997. Т. 352, № 1. С. 100–104.
- 2. Даувальтер В.А. Влияние воздушных выбросов Воркутинского промышленного района на химический состав озёрных донных отложений // Водные ресурсы. -2004. Т. 31, № 6. С. 721–725.
- 3. Карандашев В.К., Хвостиков В.А., Носенко С.В., Бурмий Ж.П. Использование высокообогащенных стабильных изотопов в массовом анализе образцов горных пород, грунтов, почв и донных отложений методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016. Т. 82, N2 7. С. 6–15.
- 4. Кулик Н.А. Источники «Пымвашор» // Известия Архангельского общества изучения Русского Севера. 1909. С. 22–34.
- 5. Лисицын А.П. Аридная седиментация в Мировом океане. Рассеянное осадочное вещество атмосферы // Геология и геофизика. -2011.-T.52, № 10.-C.1398-1439.
- 6. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Ильяшук Б.П., Каган Л.Я., Ильяшук Е.А. Палеоэкологическая реконструкция антропогенной нагрузки // Доклады Академии наук. 2000. Т. 370, № 1. С. 115–118.
- 7. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
- 8. Стародымова Д.П., Шевченко В.П., Кокрятская Н.М., Алиев Р.А., Бычков А.Ю., Забелина С.А., Чупаков А.В. Геохимия донных осадков малого озера (водосбор Онежского озера, Архангельская область) // Успехи современного естествознания. 2016. № 9. С. 172—177.
- 9. Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., Лисицын А.П., Евзеров В.Я., ван Беек П. (van Beek P.), Суо М. (Souhaut М.), Субетто Г.Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелата и скорости современного озерного осадконакопления // Доклады Академии наук. − 2012. Т. 446, № 2. С. 183–190.
- 10. Функционирование субарктической гидротермальной экосистемы в зимний период / Под ред. Боголицына К.Г., Болотова И.Н. Екатеринбург: УрО РАН, 2011.-252 с.
- 11. Шевченко В.П. Аэрозоли влияние на осадконакопление и условия среды в Арктике: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – М., 2000. – 213 с.
- 12. Шевченко В.П., Лисицын А.П., Купцов В.М., Ван-Малдерен Г., Мартэн Ж.-М., Ван-Грикен Р., Хуан В.В. Состав аэрозолей в приводном слое атмосферы над морями западного сектора Российской Арктики // Океанология. — 1999. — № 1. — С. 142—151.
- 13. Aliev R.A., Bobrov V.A., Kalmykov S.N., Melgunov M.S., Vlasova I.E., Shevchenko V.P., Novigatsky A.N., Lisitzin A.P. Natural and artificial radionuclides as a tool for sedimentation studies in the Arctic region // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. − 2007. − V. 274. − № 2. − P. 315–321.
- 14. Johansson K., Andersson A., Andersson T. Regional accumulation pattern of heavy metals in lake sediments and forest soils in Sweden // The Science of the Total Environment.  $1995.-V.\,160/161.-P.\,373-380.$
- 15. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust  $/\!/$  Treatise on Geochemistry. V. 3: The crust. Amsterdam: Elsevier, 2003. P. 1–64.
- 16. Smol J.P. Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective. London: Arnold, 2002. 208 p.
- 17. Walker T.R., Crittenden P.D., Dauvalter V.A., Jones V., Kuhry P., Loskutova O., Mikkola K., Nikula A., Patova E., Ponomarrev V.I., Pystina T., Ratti O., Solovieva N., Stenina A., Virtanen T., Young S.D. Multiple indicators of human impacts on the environment in the Pechora Basin, north-eastern European Russia // Ecological Indicators. 2009. V. 9. P. 765–779.

УДК 551.524.3

# СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ГОРНОЙ ЗОНЕ ДАГЕСТАНА

### Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л., Хаупшева М.Х.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: lion.Shugunov@mail.ru

В работе приведены результаты исследования режима температуры в горной зоне Дагестана (г. Ахты) по данным метеонаблюдений. Проведено исследование и анализ на основе разложения временного ряда значений температуры на основные составляющие: регулярную (тренд-циклическую) и случайную составляющие. Выделение скрытых периодов циклической составляющей основано на преобразовании Фурье-ряда, но так как оно содержит все гармоники, то возникает необходимость выделения из них основных гармоник. Поиск основных, гармоник осуществляется в областях максимумов спектра, перебирая пробные гармоники, удовлетворяющие критериям случайностей остатка ряда, а также согласованием регулярной части ряда с результатами метода классической декомпозиции и метода фильтра 4253 Н. С использованием современных методов и средств компьютерных технологий составлены соответствующие программы и проведены расчеты. В результате такого анализа построены модели динамики температуры в различные сезоны года и проведено ее прогнозирование до 2040 года, для зимнего сезона.

Ключевые слова: временной ряд, интерполяция, экстраполяция, классическая декомпозиция, прогнозирование, асимметрия, автокорреляционная функция

# STATISTICAL MODELS OF SEASONAL FLUCTUATIONS OF TEMPERATURE IN THE MOUNTAIN ZONE OF DAGESTAN.

### Shugunov L.Zh., Shugunov T.L., Haupsheva M.Kh.

Kabardino-Balkarian state university of name H.M. Berbekova, Nalchik, e-mail: lion.Shugunov@mail.ru

In work results of a research of the mode of temperature are given in a mountain zone of Dagestan (of Akhta) according to meteorological observations. The research and the analysis on the basis of decomposition of a temporary number of values of temperature on the main components is conducted: regular (a trend – cyclic) and accidental components. Allocation of the hidden periods of a cyclic component is based on Fourier's transformation of a row, but as it contains all harmonicas, there is a need of allocation from them the main harmonicas. Search of the main, harmonicas is performed in areas of maxima of a range, touching the trial harmonicas meeting criteria of accidents of a remaining balance of a row and also coordination of a regular part of a row with results of a method of classical decomposition and a method of the filter 4253H. With use of modern methods and means of computer technologies, appropriate programs are constituted and calculations are carried out. As a result of such analysis, models of dynamics of temperature during various seasons of year are constructed and forecasting till 2040, for a winter season is carried out it.

Keywords: time row, interpolation, extrapolation, classical decomposition, forecasting, asymmetry, autocorrelated function

Важное значение для народного хозяйства имеет режим региональных сезонных колебаний температур, который можно исследовать с использованием временных рядов многолетних наблюдений. Исследованию временных рядов различной природы посвящено много работ [1–4].

Следуя методике, изложенной в [5], в настоящей работе проведено исследование сезонных значений температур в горной зоне Дагестана (г. Ахты), с использованием данных до 2011 г. В отличие от метода, изложенного в работе [5], в ней проведено усовершенствование метода, включены дополнительные критерии для построения адекватных моделей.

Сначала проводится предварительный статистический анализ данных, результаты которых приведены табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что наблюдается значительный размах температуры, особенно в зимний период, достигая более 24 градусов. Асимметрия отрицательна в зимний и осенний периоды и положительна в весенний и летний периоды. Осенью наблюдается значительный положительный эксцесс. Все это, в первую очередь, свидетельствует о наличии сложного тренда, и требуются более глубокие исследования для решения данной задачи.

Исследование тенденции изменения среднего значения последних членов ряда по сравнению с климатической нормой проведено с использованием критериев Крамера-Уэлча и Т-критерия Стьюдента. Результаты таких исследований приведены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что зимой, весной и осенью рост температуры последних

членов ряда незначительный, к тому же дисперсии в эти периоды значительны, достигая 2,2 зимой, и наблюдаемая тенденция роста может быть объяснена случайными факторами, а летом наблюдается тенденция роста температуры. Таким образом, среднее значение температуры в современный период больше климатической нормы (базовый период 1961-1990 гг.) только летом, как по Крамеру-Уэлчу (sig. = 2.78 > 1.96), так и по Т-тесту (sig. = 0.00596 < 0.05), на уровне значимости р = 0.05, в остальные сезоны года, хотя и наблюдается тенденция роста, она может быть объяснена случайностью изменений ряда.

Предварительный анализ показывает, что временной ряд температур в различные сезоны можно рассматривать как реализацию случайного процесса, состоящую из детерминированной и случайной частей. Тогда, следуя методике [5], для построения моделей динамики температур разлагаем временные ряды на основные составляющие: детерминированную и случайную части.

Так как ряды колеблющиеся, то необходимо детерминированную часть разложить на периодическую часть и полином невысокой степени, т.е. ряд можно описать полигармоническим процессом вида

$$T(t) = m + k * t + \sum_{i}^{q} a_{i} \cos(\omega_{i}t)$$
$$+b_{i} \sin(\omega_{i}t) + \varepsilon(t), \tag{1}$$

где  $\varepsilon(t)$  — случайная часть с нулевым математическим ожиданием.

Для выделения периодической составляющей используется известное и широко применяемое преобразование Фурье. При этом возникает две взаимосвязанные задачи:

- отделение случайной части от регулярной;
- выделение основных, так называемых, скрытых периодичностей.

Известно, что разложение Фурье выдает все гармоники и для выделения основных необходимо использовать дополнительные условия-критерии.

Сначала, как обычно, строим периодограммы и спектры рядов [1, 2], графики которых приведены на рис. 1 для зимнего (слева) и летнего (справа) сезонов.

Из периодограмм видно, что они содержат много пиков, а спектры (построены с использованием спектрального окна Хемминга) – относительно небольшое число – 4–6 максимумов, в областях которых осуществляется поиск значимых гармоник.

Для отделения регулярной части от случайной в работе используются следующие критерии случайности остатка ряда: Дарбина-Уотсона, числа поворотных точек, автокорреляционные функции (АКФ), коэффициенты корреляции Пирсона.

Известно, что для оценки степени корреляции остатка ряда используется статистика Дарбина-Уотсона, определяемая по формуле

$$d = \sum_{i=1}^{n} (e_i - e_{i-1})^2 / \sum_{i=1}^{n} e_i^2 , \qquad (2)$$

где  $e_i$  – остаток ряда.

Таблица 1 Описательные статистики сезонных температур

	N	Сред.	Мин.	Макс.	Дисп.	Стд. отк.	Ст. ош.	Асим.	Эксц.
Зима	51	-1,33	-13,6	11,13	20,75	4,555	0,64	-0,13	0,98
Весна	51	8,79	6,67	12,13	1,34	1,159	0,16	0,68	0,38
Лето	51	19,0	17,5	21,70	0,91	0,955	0,13	0,50	0,15
Осень	51	10,0	5,47	12,60	1,65	1,286	0,18	-0,89	2,26

**Таблица 2** Т-критерий независимых выборок и критерий Крамера-Уэлча

	Сред.	Сред.	t-знач.	CT.C.	р	N1	N2.	Ст.от.	Ст.от.	F-отн.	р	Крам-У
Зима	-1,82	-0,63	-0,92	49	0,36	30	21	4,99	3,85	1,68	0,23	0,21
Весна	8,72	8,89	-0,53	49	0,60	30	21	1,18	1,15	1,07	0,90	0,44
Лето	18,7	19,43	-2,88	49	0,006	30	21	0,77	1,04	1,82	0,13	2,788
Осень	9,83	10,3	-1,28	49	0,21	30	21	1,28	1,28	1,00	0,98	1,012

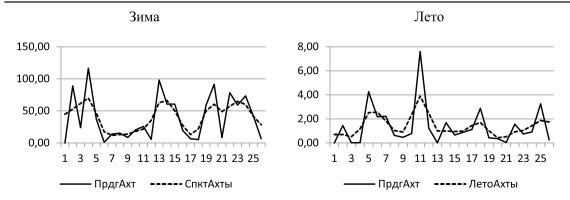


Рис. 1. Периодограммы (сплошная) и спектры (пунктирная) временных рядов

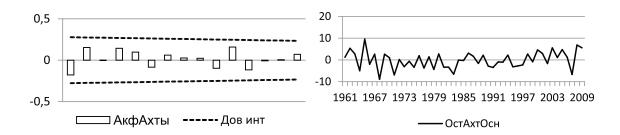


Рис. 2. АКФ остатков ряда (слева) и остатков ряда (справа)

Таблица 3 Значения критериев случайностей остатка ряда зимнего сезона

Периоды	Крит	ерий	Число пово-			Коэффи	Коэффициенты корр. Пирсона			
(лет)	Дарбина	-Уотсона	ротных	точек	Невяз (°С)	Фкт-Пргн	Дек-Пргн	4253Н-Прг		
	факт	теор	факт	теор						
16,7, 4,2, 2,6, 2,4	2,05	2	32	32	646	0,61	0,11	0,15		
16,7, 4,2, 2,6	2,31	_	33	_	725	0,54	0,12	0,16		
16,7, 4,2,	2,24	_	33	_	1019	0,23	0,11	0,16		
16,7, 2,6, 2,4	2,29	_	35	_	821	0,45	0,15	0,16		
16,7, 4,2, 2,4	2,13	_	31	_	729	0,54	0,12	0,17		

Составлены соответствующие программы на языке высокого уровня (VBasic), и проведены расчеты. Используя различные критерии случайности, проведен анализ остатка ряда, последовательно включая в циклический тренд пробные гармоники, полученные по результатам спектрального анализа.

Одним из критериев адекватности модели является невязка, определяемая по формуле

$$\sum_{i=1}^{q} (Y_i - F_i(\omega))^2 = \min,$$
 (3)

где Yi, Fi — фактические и модельные значения ряда, соответственно.

В качестве примера, результаты такого анализа, по данным наблюдений Дагестана (г. Ахты), для зимней температуры приведены в табл. 3.

Из данных табл. 3 следует, что невязка значительная в зимний сезон, потому что размах амплитуды значений больше, чем в остальные сезоны. Нетрудно заметить, что по комплексу параметров наиболее подходит вариант 2 (2 строка), так как большинство критериев соответствует теоретическим значениям, немного уступая по некоторым критериям 1-му варианту (1 строка). Однако вариант 2 лучше по значениям АКФ (рис. 2) и коэффициентам

корреляции Пирсона (два последних столбца таблицы), кроме того, периоды 2,6 и 2,4 практически одинаковы, и если 2,4 вносит малый вклад, то выбирается 2-й вариант с периодами: 16,7, 4,2, 2,6 года.

На рис. 2 приведены некоторые результаты такого анализа.

Видно, что АКФ остатка ряда, полученного как разность фактических и модельных значений выбранного варианта, удовлетворяет условию случайности на уровне p=0.05. По графику остатков ряда (справа) определяется число поворотных точек, теоретическое значение которого определяется по формуле [3]:

$$N = 2/3(n-2). (4$$

Для оценки степени адекватности построенной модели также проводится анализ регулярной части, для этого используются коэффициенты корреляции Пирсона и результаты широко известных методов сглаживания временных рядов: метода классической декомпозиции и метода основанного на использовании фильтра Ф4253Н [2].

Такой комплексный анализ случайной и регулярной частей ряда, на наш взгляд, может позволить получить более адекватную модель. Использование только минимума невязки также недостаточно, так как минимум, как правило, обеспечивается при наибольшем числе гармоник, а в пределе — всех гармоник, что превращает задачу экстраполяции в задачу интерполяции. На рис. 3 приведены результаты такого анализа.

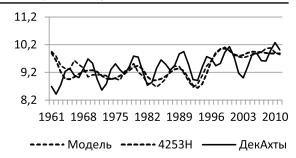


Рис. 3. Результаты модельных вычислений (сплошная) и метода декомпозиции (пунктирная)

Из рисунка видно, что кривые модели и классической декомпозиции хорошо согласуются, это также подтверждают коэффициенты корреляции Пирсона (табл. 2), при этом модельные значения более точно отображают особенности фактических значений ряда, а метод декомпозиции (кстати, и фильтра Ф4253H) дает слишком сглаженные значения.

После такого комплексного анализа проводится окончательный выбор гармоник и построение моделей. Результаты полученных значений параметров моделей для всех сезонов года приведены в табл. 4.

Используя данные таблицы, легко построить модели для всех сезонов, для этого достаточно из таблицы подставить в формулу (1) соответствующие коэффициенты Фурье и линейного тренда. Так, например, для зимнего сезона построена модель вида

$$T(t) = -1.93 + 0.023 * t - 0.116 \cos\left(\frac{2\pi}{51}3t\right) - 2.108 \sin\left(\frac{\pi}{51}3t\right) + 0.418 \cos\left(\frac{2\pi}{51}12t\right) + 1.95 \sin\left(\frac{2\pi}{51}12t\right) - 1.507 \cos\left(\frac{2\pi}{51}19t\right) - 0.997 \cos\left(\frac{2\pi}{51}19t\right).$$

Таблица 4 Параметры моделей температуры в различные сезоны года

		Зима			Весна					
Коэфф	лин. тр.		Коэфф. Фурье		Коэфф.	лин. тр.	Коэфф. Фу		Бурье	
m	k	период	кос	син	m	k	период	кос	СИН	
			-0,12	2,11				0,29	-0,14	
-1,93	0,02	16,7, 4,2, 2,6	0,42	1,95	8,7	0,005	16,7, 5,6, 3,1	0,55	0,05	
			-1,51	-0,99				0,44	-0,16	
		лето					Осень			
			0,27	-0,019				0,58	-0,01	
18,3	0,03	50, 12,5, 5,0	0,43	0,10	9,70	0,01	50, 6,3, 3,8	-0,06	-0,58	
			0,51	-0,28				-0,11	-0,45	

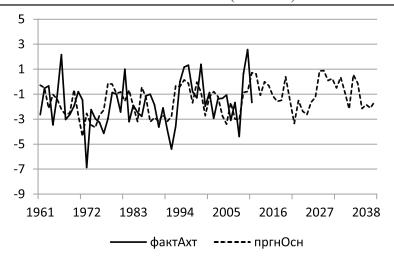


Рис. 4. Фактические (сплошная) и прогнозные (пунктирная) значения ряда

На рис. 4 приведены графики фактических и прогнозных значений температуры зимнего сезона по построенной модели, до 2040 года.

Из графиков рисунка следует, что в годы наблюдений кривые хорошо согласуются, что свидетельствует об адекватности построенной модели. Значения температуры изменяются достаточно сложным образом, совершая колебания около линейного тренда, указывающего на слабую тенденцию роста. Максимальные значения она принимает в годы 2014—2018 и 2030—2035 годы, а минимальные — в 2022—2028 годы.

### Список литературы

- 1. Андерсон Т.В. Статический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 755 с.
- 2. Боровиков В.П., Ивченко Г.И. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде WINDOWS. М.: «Финансы и статистика», 1999.-382 с.
- 3. М. Кендэл. Временные ряды. М.: «Финансы и статистика», 1981. 200 с.
- 4. Серебренников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. М.: «Наука», 1965. 244 с.
- 5. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Исследование и анализ среднегодовой температуры на основе методов спектрального анализа и классической декомпозиции. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2006. № S1. C. 83–88.

УДК 551.524.3

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

### Шугунов Т.Л., Хаупшева М.Х., Шугунов Л.Ж.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: tshugunov@yandex.ru

В работе приведены результаты исследования режима температуры в предгорной зоне Ставропольского края (г. Ставрополь), по данным метеонаблюдений. Предлагаемый метод основан на разложении временного ряда значений температуры на основные составляющие: регулярную и случайную. Используя преобразование Фурье-ряда, проводится выделение циклической составляющей, но так как оно содержит все гармоники, то возникает необходимость выделения из них основных гармоник (скрытых периодов). Поиск основных, гармоник осуществляется в областях максимумов спектра, перебирая пробные гармоники, удовлетворяющие критериям случайностей остатка ряда, а также согласованием регулярной части ряда с результатами метода классической декомпозиции и метода фильтра 4253H. С использованием современных методов и средств компьютерных технологий составлены соответствующие программы и проведены расчеты. В результате такого анализа построены модели динамики температуры в различные сезоны года и проведено ее прогнозирование до 2035 года, для летнего сезона.

Ключевые слова: временной ряд, интерполяция, экстраполяция, классическая декомпозиция, прогнозирование, асимметрия, автокорреляционная функция

# RESEARCH OF DYNAMICS OF TEMPERATURE IN THE FOOTHILL ZONE OF STAVROPOL KRAI

### Shugunov T.L., Haupsheva M.Kh., Shugunov L.Zh.

Kabardino-Balkarsky state university of H.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: tshugunov@yandex.ru

In work results of a research of the mode of temperature are given in a foothill zone of Stavropol Krai (Stavropol), according to meteorological observations. The offered method is based on decomposition of a temporary number of values of temperature on the main components: regular and accidental components. Using Fourier's transformation of a row allocation of a cyclic component, but as it contains all harmonicas, there is a need of allocation from them the main harmonicas (the hidden periods) is carried out. Search of the main, harmonicas is performed in areas of a maximum of a range, touching the trial harmonicas meeting criteria of accidents of a remaining balance of a row and also coordination of a regular part of a row with results of a method of classical decomposition and a method of the filter 4253H. With use of modern methods and means of computer technologies, appropriate programs are constituted and calculations are carried out. As a result of such analysis, models of dynamics of temperature during various seasons of year are constructed and forecasting till 2035, for a summer season is carried out it.

Keywords: time row, interpolation, extrapolation, classical decomposition, forecasting, asymmetry, autocorrelated function

В современный период климат претерпевает значительные изменения, об этом свидетельствуют результаты наблюдений за различными метеорологическими процессами в различных регионах планеты. Анализу временных рядов различной природы посвящено много работ [1, 3], а практическая реализация приведена в [2].

Поэтому исследование сезонных колебаний температуры, в различных климатических зонах, представляет не только практический, но и научный интерес.

В работе проводится анализ и исследование динамики температуры воздуха в Ставропольском крае (г. Ставрополь), по данным метеорологических наблюдений.

Результаты предварительного статистического анализа данных приведены ниже, в табл. 1.

Из данных таблицы следует, что наблюдается значительный размах температуры,

особенно в зимний период, достигая более 9 градусов. Асимметрия отрицательна в зимний, весенний и осенний периоды и положительна в летний период. Эксцесс отрицателен весной и положителен в остальные сезоны. Значения асимметрии и эксцесса слабо-умеренные. Все это, в первую очередь, свидетельствует о наличии сложного тренда, и требуются более глубокие исследования для решения данной задачи.

Проведено также исследование тенденции изменения среднего значения температуры в современный период по сравнению с климатической нормой, с использованием критериев Крамера-Уэлча и Т-критерия Стьюдента. Результаты таких исследований приведены в табл. 2.

Из данных таблицы следует, что зимой, весной и осенью рост температуры последних членов ряда незначительный, к тому же дисперсии в эти периоды значительны, достигая 3,1 — зимой, поэтому рост температуры может быть объяснен случайными факторами, а летом наблюдается тенденция роста температуры. Таким образом, среднее значение температуры в современный период больше климатической нормы (базовый период 1961-1990 гг.) только летом, как по Крамеру-Уэлчу (sig. = 2.317 > 1,96), так и по Т-тесту (sig. = 0.0033 < 0.05), на уровне значимости p = 0.05, в остальные сезоны года, хотя и наблюдается тенденция роста, она может быть объяснена случайностью изменений ряда.

Из предварительного анализа следует, что временной ряд температур в различные сезоны можно рассматривать как реализацию случайного процесса, состоящую из детерминированной и случайной части. Тогда, следуя методике [4, 5], для построения моделей динамики температур разлагаем временные ряды на основные составляющие: детерминированную и случайную части.

Так как ряды колеблющиеся, то необходимо детерминированную часть разложить на периодическую часть и полином невысокой степени, т.е. ряд можно описать полигармоническим процессом вида

$$T(t) = m + k * t + \sum_{i}^{q} a_{i} \cos(\omega_{i} t) + b_{i} \sin(\omega_{i} t) + \varepsilon(t),$$

$$(1)$$

где  $\varepsilon(t)$  – случайная часть с нулевым математическим ожиданием.

Для выделения периодической составляющей используется известное и широко применяемое преобразование Фурье. При этом возникает две взаимосвязанные задачи:

- отделение случайной части от регулярной;
- выделение основных, так называемых, скрытых периодичностей.

Известно, что в разложении Фурье содержатся все гармоники и для выделения основных, необходимо использовать дополнительные критерии.

Сначала, как обычно, строим периодограммы и спектры рядов [1, 2], графики которых приведены на рис. 1 для летнего (слева) и осеннего (справа) сезонов.

Из периодограмм видно, что они содержат много пиков, а спектры (построены с использованием спектрального окна Хемминга) — относительно небольшое число — 4—6 максимумов, в областях которых осуществляется поиск значимых гармоник.

В работе для отделения регулярной части от случайной используются следующие критерии случайности остатка ряда: Дарбина-Уотсона, числа поворотных точек, АКФ (автокорреляционная функция), коэффициенты корреляции Пирсона.

Как известно, для оценки степени корреляции остатка ряда используется статистика Дарбина-Уотсона, определяемая по формуле

$$d = \sum_{i=1}^{n} (e_i - e_{i-1})^2 / \sum_{i=1}^{n} e_i^2 , \qquad (2)$$

где  $e_i$  – остаток ряда.

Описательная статистика

1...

Таблина 1

	N	Средн.	Мин.	Макс.	Дисп.	Стд. отк.	Ст. ош.	Асим.	Эксц.
Зима	51	- 1,975	-6,70	2,33	3,107	1,763	0,247	-0,181	0,351
Весна	51	8,907	6,33	10,97	1,256	1,121	0,157	-0,167	-0,753
Лето	51	20,93	18,67	24,40	1,665	1,291	0,181	0,619	0,094
Осень	51	9,917	5,633	12,63	1,753	1,324	0,185	-0,550	0,967

Таблица 2 Т-критерий независимых выборок и критерий Крамера – Уэлча

	Сред. 1	Сред. 2	t-знач.	ст. св.	p	N1	N2.	Ст. откл.	Ст. откл.	F-отн.	p	Крам-У
Зима	-2,14	-1,74	-0,79	49	0,43	30	21	1,89	1,58	1,44	0,40	0,47
Весна	8,83	9,02	-0,60	49	0,55	30	21	1,25	0,92	1,84	0,16	0,55
Лето	20,49	21,5	-3,09	49	0,003	30	21	1,06	1,36	1,64	0,22	2,31
Осень	9,749	10,2	-1,09	49	0,283	30	21	1,18	1,51	1,63	0,22	0,74

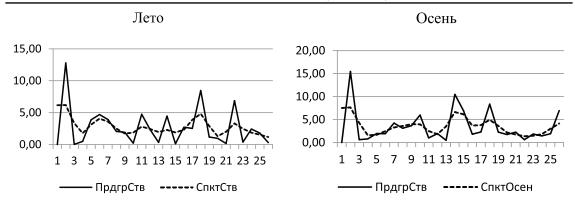


Рис. 1. Периодограммы (сплошная) и спектры (пунктирная) временных рядов

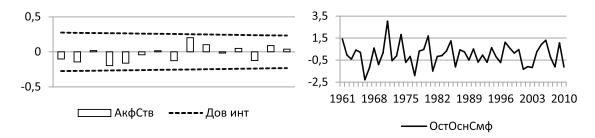


Рис. 2. АКФ остатков ряда (слева) и остатков ряда (справа)

Таблица 3 Значения критериев случайностей остатка ряда летнего сезона

Периоды (лет)			Число поворот-		Невяз-	Коэффициенты корр. Пирсона			
	Дарбина	-Уотсона	ных т	точек	ка (°C)	Фкт-	Дек-	4253Н-прогноз	
						прогноз	прогноз		
	Факт.	Teop.	Фак.	Teop.					
50, 10, 5, 3,8, 2,9, 2,4	2,29	2	34	32,7	51,3	0,65	0,71	0,70	
50, 10, 3,8	2,11	_	32	_	57,9	0,63	83	84	
50, 5, 2,9	2,17	_	32	_	56,4	0,58	0,73	0,71	
50, 10, 2,9	2,21	_	28	_	56,5	0,58	0,79	0,80	
50, 5, 3,8	2,12	_	36	_	50,9	0,62	0,77	0,75	

Составлены соответствующие программы на языке высокого уровня (Visual Basic), и проведены расчеты. Используя различные критерии случайности, проведен анализ остатка ряда, последовательно включая в циклический тренд пробные гармоники, полученные по результатам спектрального анализа.

Одним из критериев адекватности модели является невязка, определяемая по формуле

$$\sum_{i=1}^{q} (Y_i - F_i(\omega))^2) = \min,$$
 (3)

где Yi, Fi — фактические и модельные значения ряда, соответственно.

В качестве примера, результаты такого анализа, по данным наблюдений в предгорной зоне Ставропольского края (г. Ставрополь), для летней температуры, приведены в табл. 3.

Данные таблицы показывают, что по комплексу параметров наиболее подходит вариант 2 (2 строка), так как по многим критериям, приведенным в таблице, он соответствует теоретическим значениям. Кроме того, вариант 2 лучше по значениям АКФ (рис. 2) и содержит период в области максимального значения на периодограмме.

На рис. 2 приведены некоторые результаты такого анализа.

Из графика (слева), следует, что АКФ остатка ряда, полученного как разность фактических и модельных значений выбранного варианта удовлетворяет условию случайности на уровне p = 0.05. По графику остатков ряда (справа) определяется число поворотных точек, теоретическое значение которого определяется по формуле [1]:

$$N = 2/3(n-2)$$
.

В предлагаемом методе для оценки степени адекватности построенной модели также проводится анализ регулярной части, используя коэффициенты корреляции Пирсона и результаты широко известных методов сглаживания временных рядов: метода классической декомпозиции и метода, основанного на использовании фильтра Ф4253H [2].

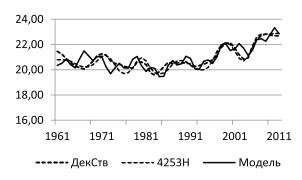


Рис. 3. Модельные значения (пунктирная) и результаты с использованием фильтра 4253H (точечная) и метода декомпозиции (сплошная)

Эти методы позволяют более адекватно контролировать низкие гармоники, так как в случае коротких рядов в разложении ряда могут появиться «ложные» низкие гармоники, которые зависят к тому же от длины ряда. Такой комплексный анализ случайной и регулярной частей ряда, на наш взгляд, может позволить получить более адекватную модель. На рис. 3 приведены некоторые результаты такого анализа.

Из рисунка видно, что кривые, полученные по модели метода классической декомпозиции и метода с использованием фильтра 4253H, хорошо согласуются, это также подтверждают коэффициенты корреляции Пирсона (см. табл. 2). При этом модельные значения более точно отображают особенности фактических значений ряда, тогда как методы с использованием фильтра и декомпозиции дают слишком сглаженные значения.

В результате такого комплексного анализа проводится окончательный выбор гармоник и построение моделей. Результаты полученных значений параметров моделей для всех сезонов года приведены в табл. 4.

Используя данные таблицы легко построить модели для всех сезонов, для этого достаточно из таблицы подставить в формулу (1) соответствующие коэффициенты Фурье и линейного тренда.

Так, например, для летнего сезона построена модель вида

Таблица 4

$$T(t) = 20,02 + 0,035 * t + 0,741 \cos\left(\frac{2\pi}{51}t\right) + 0,063 \sin\left(\frac{2\pi}{51}t\right) + 0,232 \cos\left(\frac{2\pi}{51}5t\right) - 0,389 \sin\left(\frac{2\pi}{51}5t\right) + 0,0495 \cos\left(\frac{2\pi}{51}13t\right) - 0,424 \cos\left(\frac{2\pi}{51}13t\right).$$

Параметры моделей температуры в различные сезоны года

		Зима			Весна					
Коэфф	. лин. тр.		Коэфф.	Коэфф. Фурье		лин. тр.		Коэфф	. Фурье	
m	k	период	кос	син	m	k	период	кос	син	
			0,35	-0,35				0,37	-0,02	
-2,3	0,012	25,4,2, 2,9	0,17	0,75	8,8	0,005	50, 5,6 , 2,9	0,58	0,34	
			-0,27	-0,35				-0,09	0,03	
		лето					Осень			
			0,74	0,06				0,86	0,05	
20,02	0,035	50, 10, 3,8	0,232	-0,39	9,65	0,01	50, 5,6, 2,9	0,08	0,49	
			0,05	-0,42				-0,47	-0,21	

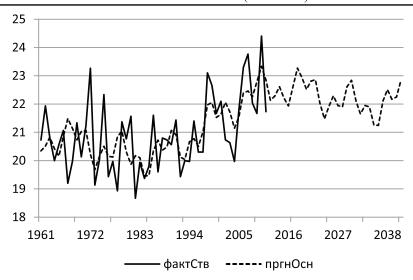


Рис. 4. Фактические (сплошная) и прогнозные (пунктирная) значения ряда

На рис. 4 приведены графики фактических и прогнозных значений температуры летнего сезона по построенной модели, до 2040 года.

Из графиков рисунка следует, что в годы наблюдений кривые хорошо согласуются, что свидетельствует об адекватности построенной модели. Значения температуры изменяются достаточно сложным образом, совершая колебания около линейного тренда, указывающего на тенденцию роста. Максимальные значения она принимает в 2017–2022 и 2027–2030, а минимальные – в 2023–2026 и 2031–2037 годы.

#### Список литературы

- 1. Боровиков В.П., Ивченко Г.И. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде WINDOWS. М.: «Финансы и статистика», 1999. 382 с.
- $2.\ M.$  Кендэл. Временные ряды. М.: «Финансы и статистика»,  $1981.-200\ c.$
- 3. Серебренников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. М.: «Наука», 1965. 244 с.
- 4. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Исследование и анализ среднегодовой температуры на основе методов спектрального анализа и классической декомпозиции. Известия Высших Учебных Заведений. Северо-Кавказский Регион. Серия: Естественные Науки. -2006. № S1. C. 83-88.
- 5. Хаупшева М.Х., Шугунов Т.Л., Шугунов Л.Ж. Моделирование временных рядов метеопараметров в горной зоне Дагестана (г. Ахты) Доклады Адыгской (Черкесской) международной академии наук. 2015. Т. 17. № 1. С. 116—120.

УДК 911.3

# СОВРЕМЕННАЯ СИТУАЦИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫМИ ПРИРОДНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ МОНГОЛИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРЫ-ЗАПОВЕДНИКА БОГДХААН)

<sup>1</sup>Эрдэнэчимэг Н., <sup>2,3</sup>Белозерцева И.А., <sup>4</sup>Энхтайван Д.

 $^{1}$ Министерство природной среды и зеленого развития Монголии, Улан-Батор, e-mail: chimgee\_3038@ yahoo.com;  $^2$ ФАНО ФГБУН «Институт географии им В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, e-mail: belozia@mail.ru; <sup>3</sup>ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», Иркутск;

<sup>4</sup>Институт географии и геоэкологии академии наук Монголии, Улан-Батор, e-mail: dangaataivan@gmail.com

Прошло почти 20 лет с тех пор, как разработаны новые категории особо охраняемых территорий (ООПТ) Монголии, приняты соответствующие законы и нормативные акты, а также созданы сети заповедников и национальных парков согласно международным стандартам. Государственная программа по ООПТ была принята в 1998 году, с того времени ведется работа поэтапно, взяты под охрану определенные земельные участки. В рамках этой программы разработано более 10 документов по национальной политике в области экологии, которые утверждены парламентом Монголии. Определен ряд таких задач, как принятие под охрану экологически значимых земельных участков с целью сохранения баланса экосистемы и природных зон в их первоначальном нетронутом виде, в том числе исторического и культурного наследия, животных и растений, находящиеся под угрозой исчезновения; создание менеджмента ООПТ в соответствии с международными стандартами. Правительство Монголии уделяет особое внимание реализации этой политики, в результате чего около 30% от общей территории страны включены в список ООПТ в 2015 году, из них 15% приходятся на местные заповедники, как указано в «Задачах развития Монголии в новом тысячелетии». Однако в последние годы, по мере роста населения, возросло количество случаев незаконного землепользования, что приводит к нарушению режима охраны ООПТ. В заповеднике горы Богдхаан наблюдается незаконное увеличение количества новых и разрастание уже имеющихся земельных участков, задолженности по налогам, вырубка леса, загрязнение воздуха и почвы, изменение русел рек, расширение дорожных сетей, уменьшение численности и уничтожение некоторых видов животных и птиц.

Ключевые слова: заповедник, особо охраняемые природные территории, качество земельных участков, характеристика и менеджмент сохранения заповедников

## CURRENT SITUATION OF THE CONSERVATION MANAGEMENT IN MONGOLIA (CASE STUDY: BOGDKHAN MOUNTAIN STRICTLY PROTECTED AREA)

## <sup>1</sup>Erdenechimeg N., <sup>2,3</sup>Belozertseva I.A., <sup>4</sup>Enkhtayvan D.

<sup>1</sup>The ministry of the natural environment and green development of Mongolia, Ulan Bator, e-mail: chimgee 3038@ yahoo.com; <sup>2</sup>V.B. Sochava Institute of Geografy SB RAS, Irkutsk, e-mail: belozia@mail.ru; <sup>3</sup>Irkutsk state university, Irkutsk; <sup>4</sup>Institute of Geography-Geoecology of an academy of sciences of Mongolia,

Ulan Bator, e-mail: dangaataivan@gmail.com

Almost 20 years have passed, since the establishment of new categories of Mongolia, special protected areas, enacted the relevant laws and regulations and creation of appropriate networks of the protected areas consistent with the international standards. A National program on special protected areas was adoptedin 1998 and taking land areas under protection is being phased over the time. In this regard, there are morethan 10 national policy documents have approved by the Mongolian Parliament. These policies are defined set of objectives, such as to take the ecologically significant land areas under protection for preserving the untouched natural zones and balance of the ecosystem, and protect the historical and cultural heritages and endangered species of animals and plants, also establish its unified networks, and bring its conservation management into international standards. Mongolian government has given particular attention to implement those policies, as a result the objective «30 percent of the total territory is incorporated into the special protected areas by 2015, which of 15 percent will share of the local protected areas» stated in the «Mongolian Millennium Development Goals» is available to achieve in the given time. However last years, in process of growth of the population, illegal land tenure that leads to infringement of a mode of protection of especially protected natural territories increases. In reserve of mountain Bogdhaan the illegal increase in the ground areas, debts under taxes, deforestation, air pollution and ground, change of current of the rivers, expansion of high systems, reduction and destruction of some kinds of animals and birds is observed.

Keywords: special protected area, strictly protected area, and land quality, characteristic and conservation management of the protected area

Вопросы об особо охраняемых природных территориях (ООПТ) являются ядром государственной политики любой страны, проводимой в области охраны окружающей среды. Вместе с тем, это правильный способ сохранить природное и культурное наследие страны и всего мира в целом. Согласно Декларации Мира, принятой в Риоде-Жанейро (1992), стабильность в развитии стран может быть достигнута только в гармонии с окружающей средой.

Коренным образом изменилась ранее действующая концепция охраны окружающей среды, где рассматривается вопрос о взаимодействии природы и человека, акцентируется внимание на природные процессы и всесторонне рассматриваются вопросы охраны окружающей среды, являющиеся одной из основных задач человечества в целом. В связи с изменением климата, эффектов потепления, наблюдающихся за последние годы и необдуманного вмешательства человека в окружающцую среду усиливаются неблагоприятные последствия от его деятельности, среди них - истощение лесных и водных ресурсов, загрязнение воздуха, исчезновение некоторых видов флоры и фауны, эрозия почвы и снижение плодородия почв [10]. В отчетах об экологическом состоянии отмечены негативные признаки, такие как повышение уровня загрязнения воздуха в столице и крупных городах, опустынивание земель по всей Монголии, увеличение дефицита лесных и водных ресурсов, а также деградация земель и рост числа случаев незаконного их использования [1, 2]. В связи с этим важно регулярно проводить мониторинг качества земель на особо охраняемых природных территориях, а также изучить тенденции эволюции ландшафтов и определить круг вопросов по принятию дальнейших мер на научной основе, чтобы сохранить природу в первозданном, нетронутом виде для наших будущих поколений [6].

Цель данного исследования заключается в создании системы менеджмента охраны заповедника горы Богдхаан в ближайшем будущем, путем определения качества и характеристик земель, выявления тенденций и факторов, воздействующих на них.

Данная научно-исследовательская работа направлена на выявление изменений, происходящих не только в землепользовании, но и в почвенно-растительном покрове при использовании спутниковых данных высокой точности. Эти изменения изучаются в комплексе с социально-экономическими условиями и оценкой имеющейся системы менеджмента охраны природы вместе с определением мер по сохранению природы в ближайшем будущем, в результате выявления причин возникновения таких тенденций.

Заповедник горы Богдхаан является самой первой ООПТ не только в Монголии, но и во всем мире. Этот заповедник считается особо охраняемой международной биосфе-

рой. Очень важно защитить участки леса в южной части горы Хэнтий и природный ландшафт, а также редкие виды животных и растений вблизи столицы Монголии [3].

В связи с ограничением деятельности человека в особо охраняемой природной зоне происходит меньше антропогенных изменений. Тем не менее, в течение последних нескольких лет наблюдается тенденция роста попыток населения использовать заповедник горы Богдхаан в личных целях. В горах Богдхаан жилой район расширяется за счет незаконных поселений. Зайсан стал районом, переполненный домами, что негативно сказывается на близлежащую местность горы Богдхаан. В результате неразумной деятельности человека в заповеднике скудеет растительный покров, уменьшается количество деревьев, кустарников. Это приводит к гибели некоторых представителей животного мира дикой природы [10]. Поэтому необходимо проводить регулярные исследования качества окружающей среды, четко определять и оценивать антропогенное воздействие.

### Материалы и методы исследования

В исследовании использованы различные методы изучения трансформации землепользования. Например, метод сравнения, цифровой обработки с применением GIS-технологий вместе с программным обеспечением, как ArcMap, Erdas Imagine, ILWIS и ENVI.

Также использовался национальный Атлас Монгольской Народной Республики (1990) и Национальный Атлас Монголии (2009), а также опубликованные материалы, статистические данные и изображения в качестве справочных документов [1-19]. Применялись данные, полученные по Landsat на период с 1990 по 2012 год. Программа цифровой обработки ERDAS Imagine 9.1 была использована для классификации земель. Цифровая обработка используется для статистических и нестатистических методов, таких как метод наиболее вероятной классификации, основанной на Байесовском правиле [13]. Последовательно использовались традиционные и дистанционные методы зондирования в исследовании качества и характеристики земель, это полностью соответствует принципу долгосрочного мониторинга, основанного на данных нескольких лет [17].

# Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследований об изменениях в землепользовании заповедника горы Богдхаан, проведенных при помощи Landsat данных, выявлено, что общая площадь лесов, лугов и кустарников значительно сократилась, а площадь каменистых и сухих степей заметно увеличилась. Кроме того, площадь городских районов увеличилась в пять раз (табл. 1, 2, рисунок).

Таблица 1 Динамика площади земель в заповеднике горы Богдхаан

Земли	1990	1994	2006	2010	2012	1990	1994	2006	2010	2012
			га		0/0					
лесов	18675,18	20525,85	17043,75	17462,43	18914,85	44,26	48,64	40,39	41,38	44,8
населенных пунктов	65,16	75,78	93,51	171,63	354,15	0,15	0,17	0,22	0,4	0,83
высокогорных степей	21999,87	20740,05	24153,84	23948,91	22619,16	52,14	49,1	57,24	56,76	53,6
пастбищ в высокогорных районах	1515,15	935,55	1011,6	711,9	406,26	3,59	2,21	2,39	1,68	0,96
под водоемами	39,96	27,63	5,76	3,69	8,46	0,094	0,065	0,013	0,008	0,02
Общая площадь			100	100	100	100	100			

Примечание. Программа Landsat TM5, 1990.09.10; Landsat TM5, 1994.09.05; Landsat ETM7, 2006.09.30; Landsat TM5, 2010.09.17; Landsat ETM7, 2012.09.30.

 Таблица 2

 Изменение площади растительного покрова заповедника горы Богдхаан

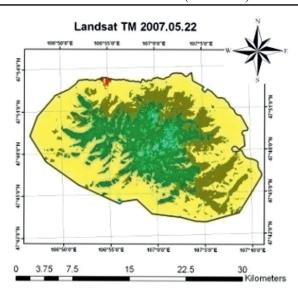
Растительный покров		ГС	ЭД		Изменения в раз-
	2000	2012	2000	2012	мере растительного
	гектар		C.	V <sub>0</sub>	покрова (%)
Лиственничник	4648,9	3479,0	10,1	7,5	- 2,5
Хвойный лес	7929,1	7415,9	17,2	16,1	- 1,1
Смешанный лес	5246,3	5969,9	11,4	12,9	1,6
Кустарничковый	3509,1	3723,3	7,6	8,1	0,5
Луговой	2938,8	2565,9	6,4	5,6	- 0,8
Травянисто-кустарнич- ковый	3542,4	2637,6	7,7	5,7	- 2,0
Лугово-степной	4620,5	5314,4	10,0	11,5	1,5
Степной	4569,2	4943,8	9,9	10,7	0,8
Каменисто-степной	5595,3	6334,2	12,1	13,7	1,6
Сухостепной	3560,7	3767,3	7,7	8,2	0,4

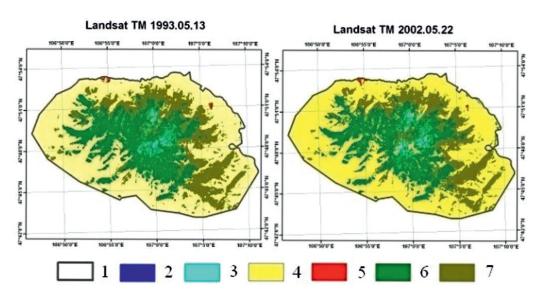
Выявлены следующие нарушения в использовании земель:

- Все пользователи, которые заключили и имеют контракты на землепользование, не выполняют свои договорные обязательства. Выявлены такие общие нарушения, как: земля не используется по назначению в течение двух лет; не оплачены налоги за пользованием земельным участком; земля находится в водоохраной зоне (100 м); огорожены забором участки, превышающие разрешенную по контракту площадь земельного участка.
- Превышена антропогенная нагрузка и потерян экологический баланс в долинах рек Зайсан, Богино, Чандмань, Хууш, Арцат и Нухт.
- В последние годы, по мере роста населения, возросло количество фактов незаконного землепользования, что приводит к нарушению режима ООПТ. Величина зе-

мельных участков, эксплуатируемых пользователями без каких-либо разрешений, составляет 104,2 га. 400 семей в зоне долины р. Зайсан используют 25,9 га земель без получения разрешения на землепользование. В Арцат Гэлэн насчитываются 56 семей и 9 юридических лиц, незаконно пользующихся 16,1 га земель, в железнодорожном узле Туул долины р. Чулуут 114 семей также незаконно пользуются 15,52 га, в долине р. Нухт 60 семей используют 15 га земель.

• Кроме того, юридические лица и граждане совершают нарушения, негативно влияют на экосистемы заповедника. Например, превышают площадь земельных участков, используют земли не по назначению, загрязняют воздух и почву, изменяют русло рек и ручьев, создают много пересекающихся между собой дорог, что, в общем, приводит к уничтожению ландшафта.





Изменение площади земель заповедника Богдхаан — Ула. Граница заповедника — 1. Земли: под водоемами — 2; каменистых осыпей и скал высокогорий — 3; высокогорных степей — 4; под городами, строительством и сооружениями — 5; под темнохвойными лесами — 6; под лиственнично-березовыми лесами — 7

• Хотя составляются подробные отчеты об оценке антропогенного воздействия на окружающую среду, не утверждается план управления и охраны окружающей среды, программа мониторинга на год. Граждане не отправляют своевременно отчеты, не принимают меры по восстановлению окружающей среды, которые являются их прямыми обязанностями.

Выявлены нарушения в использовании природных ресурсов:

• В горах Богдхаан имеются редколесья, где доминируют пни и березы. В некоторых местах доминирует спелый и перестойный

лес вследствие сплошных вырубок молодых деревьев и деревьев среднего возраста (71–73 года).

- По многолетним средним показателям метеорологических данных, весенние и осенние сезоны отличаются сухостью. В этот период выпадает меньше осадков, часто наблюдается сильный ветер, низкая влажность воздуха, в связи с преобладанием хвойных пород деревьев усиливаются риски возникновения лесных пожаров.
- В горах Богдхаан вырубки кедра встречаются редко, однако его молодая поросль очень низкая, что связано со сбором

кедровых орехов в течение последних десятилетий.

- Увеличение численности вредных насекомых и лесные пожары ухудшают состояние экоситем, становятся причиной истощения лесных ресурсов, препятствуют восстановлению и росту лесов, что в итоге приводит к уничтожению экосистем.
- Разрушение растительного покрова лесных экосистем из года в год приводит к эрозии почв и деградации земель.
- Граждане незаконно собирают лекарственные растения, что уменьшает их ресурсы.

Наблюдается деградация ландшафтов в результате расширения населенных пунктов:

- Увеличилась эрозия и загрязнение почв, деградация растительного покрова.
- Увеличение площади пользования землей в заповедной зоне привело к исчезновению некоторых видов птиц; уменьшению числа удобных мест на берегу р. Туул у подножия горы, пригодных для отдыха, где водоплавающие птицы гнездятся и останавливаются во время миграции.
- Загрязнение воздуха, шум и высокая плотность населения и застройки г. Улан-Батора негативно сказываются на состоянии диких животных и птиц, которые живут в близлежащих районах города, что является одним из основных причин их исчезновения и перелета в другие места.
- Из-за сильной деградации земель непосредственно вблизи города и населенных пунктов нарушаются естественные условия обитания для тетеревов и глухарей, рябчиков, гнездящихся на поверхности земли. Это является одной из причин резкого сокращения их количества.

Рекомендуется принять следующие меры по использованию земель:

- В соответствии с законом об ООПТ площадь земельных участков для граждан и юридических лиц с правом на землепользование в зоне горы Богдхаан не должна превышать 15% от общей площади заповедника.
- Ограничить или прекратить права граждан и юридических лиц в пользовании земельным участком, если не погашены долги по налогам за землепользование. Изменить назначение земельного участка, если землепользователь причинил вред природе заповедника.
- Установить оплату за пользоваине землей в размере 30% от средств, необходимых для природоохранных мер, защите

диких животных, в том числе по восстановлению окружающей среды.

• В сотрудничестве с соответствующими компетентными органами принять меры по освобождению земель от незаконного использования гражданами и юридическими лицами.

#### Заключение

- 1. По результатам проведенных исследований выявлено, что рост леса в заповеднике горы Богдхаан является нормальным для каждого вида деревьев. Из них 79,3% составляют зрелые деревья, что говорит об удовлетворительном состоянии леса. Однако в результате деятельности человека, действий туристических лагерей и домов отдыха уровень роста леса минимальный, наблюдаются признаки их прореживания.
- 2. Леса долины рек Тур Хурах, Бумбат, Чулуут, Хутрээ, Их-Бага Тэнгэр, Зайсан повреждены вредными насекомыми, а в долине р. Нухт наблюдается тенденция к деградации лесов.
- 3. Незаконные вырубки леса зафиксированы в долинах рек Энхтайван, Зайсан, Чандмань, Бумбат, Тотхурх и Зуунмод. Площадь кедрового леса горы Богдхаан составляет 2,586 га и биологические ресурсы орехов 420 т, а также возможные запасы 37 тонн. Кедровый лес находится в зоне ограниченного доступа. Небольшая площадь кедровников повреждена из-за нарушения режима охраны природы.
- 4. В долинах рек Зайсан, Арцат, Нухт и Манзшир, расположенных в зонах ограниченного доступа, естественная антропогенная нагрузка выше нормы. Наблюдается эрозия и сильное загрязнение почвенного покрова, что является следствием человеческой деятельности, незапланированного строительства, туризма. В результате проведенного исследования выявлено, что 4,556 га, или 22,4%, земель пастбищ горы Богдхаан подвергнуты сильной степени деградации, из них 2,227 га, или 10,9%, загрязнены или эродированны и 446 га пострадали от антропогенного воздействия туризма. Изучение содержания тяжелых металлов в почвах показывает повышенное содержание меди в Зайсане, цинка – в Богине, хрома – в Арцате и долине р. Нухт.
- 5. По вышеуказанным причинам следует совершенствовать систему менеджмента охраны природы, что является первоочередной задачей сохранения заповедника горы Богдхаан, который входит в состав Международной биосферы от внешних факторов.

Это может быть обеспечено защитной зоной, координирующей деятельность по обеспечению охраны природы. Также необходимо принять меры для снижения воздействия внешних факторов на особо охраняемые природные территории, в том числе решить вопрос децентрализации.

- 6. Необходимо установить штрафы за повреждение окружающей среды для граждан и юридических лиц, нарушающих законы, основанные на оценке экологических и экономических ущербов. Штрафы за нарушения вкладывать в фонд по охране природы и расходовать на восстановление окружающей среды горы Богдхаан. Выбрать участки с целью создания защитных полос от антропогенного воздействия.
- 7. Необходимо обратить внимание на определение пропускной способности туристических лагерей и организацию туристических маршрутов, а также на развитие экотуризма в целом в стране. Допустимо привлекать граждан и юридические лица к деятельности по охране природы.
- 8. В настоящее время вопрос о развитии зеленой экономики и создания правовой системы становится главным фактором достижения целей и решения задач стабильного развития. С связи с этим в рамках процесса взаимодействия природы и общества возникает необходимость регулировать отношения в обеспечении здоровой природы и окружающей среды для человечества и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Для удовлетворения этой потребности мы должны добиваться реформы закона об окружающей среде и адресовать это к заповедным местам и ООПТ включительно.

#### Список литературы

- 1. Астанин Л.П., Благосклонов К.Н. Охрана природы. М.: Колос, 1984. 255 с.
- 2. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг. М.,  $2000.-416\ c.$
- 3. Гунин П.Д. Природно-охраняемые территории Монголии, современное состояние, размещение и роль в сохранении биоразнообразия. Улан-Батор, 1993. 66 с.
- 4. Закон Монголии «Об особо охраняемых природных территориях». Улан-Батор: Изд-во Мин-ва охраны природы, 1994. 46 с.
- 5. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. М., 1999. 262 с.
- 6. Оюунгэрэл Б. Особо охраняемые природные территории Монголии. Улан-Батор: Эдмон, 2004. 305 с.
- 7. Филонов К.П. Об установлении минимальных размеров заповедников // Теория и практика заповедного дела. М., 1993. С. 27–56.
- 8. Эрдэнэчимэг Н. Вопросы менеджмента ООПТ Монголии. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. –Уланбатор, 2013.-23 с.
- 9. Amarsaikhan D. Fundamentals of Knowledge-based systems and artificial intelligence approach in RS and GIS. Science academy. 1994. 23 p.
- 10. Batkhishig, O. Soil monitoing study, Zaisan and Manzushir, Ulaanbaatar, 2012. P. 11–15.
- 11. Bonkhjarga Ts. Reperat on Spatial planning of Bogdkhan SPA. 1989.
- 12. Centre for Development and Environment. Sustainable Land Management. «Guidelines for Impact Monitoring», Berne. 1999. 78 p.
- 13. Dash D., Oyungerel B., Avirmed B. Strictly protected area is not just name / Ertonts.  $-1991. M \cdot 4. P. \cdot 6-8.$
- 14. Helliwell D.R. The concept of «waste» and the conservation of nature // Environ. Conserv. 1975. Vol. 2, № 4. P. 271–273.
- 15. MEGDT Mongolian environmental status report 2008-2010.-2012.- URL: http://www.mne.mn/mn/index.php (дата обращения: 20.12.2016).
- 16. Mongolia's special protected areas, 2016. URL: http://www.econet.mn/ (дата обращения: 20.12.2016).
- 17. Nyambat L., Enkhmaa B. Mongolian soil and agricultural land valuation Ulaanbaatar, 2012.
- 18. Purevtseren G., Narantsatsra I.J. Theoretical basis of land management. Ulaanbaatar, 2000. P. 65–70.
- 19. Purevtseren G. Land management. Ulaanbaatar, 2000. P. 98-100.