

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322

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» – 70878

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абиляхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.с.-х.н., проф. Алабушев А.В. (Зерноград); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Берсон Г.З. (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.г.н., проф. Егорина А.В. (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.с.-х.н., проф. Залесов С.В. (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент Захарченко А.В. (Томск); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавцевич Н.Н. (Мурманск); д.т.н., проф. Калякин С.А. (Донецк); д.с.-х.н., проф. Караев М.К. (Махачкала); д.г.-м.н., проф. Кашаев А.А. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Кобрунов А.И. (Ухта); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.с.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., Коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н. (Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.б.н. Сибикеев С.Н. (Саратов); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., проф. Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

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

Подписано в печать – 20.03.2019

Дата выхода номера – 20.04.2019

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 12,88

Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/3-2019

Подписной индекс 70878

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
ОКРАШЕННЫХ СТАБИЛЬНЫХ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ ПЕН

Бабаян А.Л., Куликов М.В., Куликова Т.А. 7

СОСТАВ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ
В ЭМУЛЬСИЯХ НЕФТИ

Корякина В.В., Иванова И.К., Семенов М.Е., Шиц Е.Ю. 13

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СНИЖЕНИЯ ЦЕНЫ НАМЕЧАЕМЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА

Коженко Н.В., Сафронова Т.И., Дегтярев Г.В. 19

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДРЕВОСТОЯХ БЕРЕЗЫ
НА ТЕРРИТОРИИ ДОМОДЕДОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Румянцев Д.Е., Фролова В.А., Денисова Н.Б. 25

НЕКОТОРЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ СОСТОЯНИЯ
ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Чжан С.А., Пузанова О.А. 34

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСА И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ
В КЕДРОВНИКАХ, ПОРАЖЕННЫХ ШЕСТИЗУБЧАТЫМ КОРОЕДОМ
(УЧАСТОК «МАЛЫЙ АБАКАН» ЗАПОВЕДНИКА «ХАКАССКИЙ»)

Шуркина В.В. 40

Науки о Земле (25.00.00)

МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТЕРРИТОРИИ АТЫРАУСКОГО
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

*Есенаманова М.С., Дюсупов Е.Е., Есенаманова Ж.С.,
Тлепбергенова А.Е., Дюсекенова А.Е., Темирбеков Т.Т.* 46

О ПРИМЕНИМОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА
ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Зубов И.Н., Орлов А.С., Селянина С.Б. 51

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ КАК ОСНОВА ГОСУДАРСТВЕННОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ ИПАТОВСКОГО
ГОРОДСКОГО ОКРУГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Кипа Л.В., Одинцов С.В., Лошаков А.В., Стукало В.А. 56

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЕКИ КУБАНЬ В ЧЕРТЕ ГОРОДА КРАСНОДАРА
НА ОСНОВЕ ЧАСТНОГО ОТБОРА ПРОБ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД

Короткова Т.Г., Заколюкина А.М., Бушумов С.А. 62

К ВОПРОСУ О ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ ПОПУЛЯЦИИ
КАВКАЗСКОГО БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ (*CERVUS ELAPHUS MARAL* OGILBY, 1840)
НА ПОЛУОСТРОВЕ АБРАУ

Кудактин А.Н., Быхалова О.Н. 70

ТОЧНОСТЬ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ГНСС-ДАНЫМ
СТАТИЧЕСКИХ СМЕЩЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

Пупатенко В.В. 78

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕПРОВОДА

Сбродова М.О., Тарасенко А.А., Чепур П.В. 84

ЯРУСНЫЙ РЕЛЬЕФ В ОБЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОСИСТЕМ
ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Скрыльник Г.П. 90

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ГОРОДСКИХ ПАРКАХ И ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Солодов С.В., Луговской А.М. 98

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

RESEARCH IN THE DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR OBTAINING STABLE GEL-SHAPED FOAMS

Babayan A.L., Kulikov M.V., Kulikova T.A. 7

COMPOSITION OF NATURAL GAS HYDRATE AND ITS FORMATION CONDITIONS IN OIL EMULSIONS

Koryakina V.V., Ivanova I.K., Semenov M.E., Shitz E.Yu. 13

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

THEORETICAL MODEL OF COST DECLINE PROCESS OF THE PLANNED MEASURES ON PROVIDING RICE FIELD WITH WATER

Kozhenko N.V., Safronova T.I., Degtyarev G.V. 19

RESULTS OF DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES IN BIRCH STANDS AT THE DOMODEDOVO FORESTRY OF THE MOSCOW REGION

Rumyantsev D.E., Frolova V.A., Denisova N.B. 25

SOME MODERN APPROACHES TO THE STUDY OF GREEN PLANTINGS CONDITION

Chzhan S.A., Puzanova O.A. 34

THE CHANGE IN STOCK AND FRACTIONAL COMPOSITION OF FOREST FLOOR IN PINE FORESTS AFFECTED BY A BARK BEETLE (THE CLUSTER «MALY ABAKAN» RESERVE KHAKASSKY)

Shurkina V.V. 40

Earth sciences (25.00.00)

MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR OF AREA OF ATYRAU REFINERY

*Esenamanova M.S., Dyusupov E.E., Esenamanova Zh.S.,
Tlepbergenova A.E., Dyusekenova A.E., Temirbekov T.T.* 46

ABOUT THE APPLICABILITY OF REDUCTION-OXIDATION (REDOX) POTENTIAL FOR THE EVALUATION OF THE CONDITION OF THE PEAT DEPOSITS OF BOG ECOSYSTEMS

Zubov I.N., Orlov A.S., Selyanina S.B. 51

TERRITORIAL DEVELOPMENT AS A BASIS OF STATE REGULATION OF LAND RELATIONS OF THE IPATOVSKY CITY DISTRICT STAVROPOL TERRITORY

Kipa L.V., Odintsov S.V., Loshakov A.V., Stukalo V.A. 56

ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE KUBAN RIVER WITHIN THE CITY OF KRASNODAR BASED ON PRIVATE SELECTION OF SAMPLES OF SURFACE NATURAL WATER

Korotkova T.G., Zakolyukina A.M., Bushumov S.A. 62

TO THE QUESTION ABOUT THE PHENOTYPIC STRUCTURE OF THE POPULATION OF THE CAUCASIAN RED DEER (*CERVUS ELAPHUS MARAL* OGILBY, 1840) ON ABRAU PENINSULA

Kudaktin A.N., Bykhalova O.N. 70

THE ACCURACY OF DETERMINATION OF RAPID STATIC SLIP CAUSED
BY EARTHQUAKES USING GNSS DATA

Pupatenko V.V. 78

DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM FOR ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY
OF OIL PIPELINE

Sbrodova M.O., Tarasenko A.A., Chepur P.V. 84

LAYERED RELIEF IN THE OVERALL ORGANIZATION
OF MOUNTAIN TERRITORY GEOSYSTEMS

Skrylnik G.P. 90

IMPLEMENTATION OF ECOLOGICAL EDUCATION ACTIVITIES IN CITY'S PARKS
AND SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS

Solodov S.V., Lugovskoy A.M. 98

УДК 544.7

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКРАШЕННЫХ СТАБИЛЬНЫХ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ ПЕН

Бабаян А.Л., Куликов М.В., Куликова Т.А.

ФГКВОУ ВО «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова», Краснодар, e-mail: amb_2004@mail.ru

Объектом исследования являются окрашенные полимерные гели и пены на основе поливинилового спирта (ПВС). Цель работы – оценка физико-эксплуатационных свойств окрашенных пен на основе поливинилового спирта и метабората натрия. В данной работе при оценке эксплуатационных свойств вспененных материалов были разработаны и использованы: методика получения окрашенного геля на основе водных растворов поливинилового спирта и метабората натрия; методика получения окрашенной гелеобразной пены на основе растворов ПВС и метабората натрия; методика оценки адгезионных и прочностных свойств гелеобразных пен. В результате исследования впервые были получены образцы окрашенных пен четырех цветов: красного, синего, желтого и зеленого, обладающие удовлетворительными физическими свойствами. Как показывают результаты проведенных исследований, полученные гели обладают достаточным временем гелеобразования и, следовательно, могут быть переведены в пены. При увеличении количества красителя в получаемых гелях величина коэффициента Kg^* также увеличивается, что соответствует усилению интенсивности окраски геля. Для окрашенных композиций, содержащих 7,5% ПВС, значения Kg^* выше, чем для гелей с содержанием ПВС 5%. Анализ эксплуатационных свойств показывает, что с увеличением времени упругость пены возрастала. Причем максимальный рост упругости наблюдался в период от 4 до 8 ч с момента получения пены. При проведении экспериментов по определению адгезии в начальный период (свежеприготовленная пена) с подъемом индентора наблюдался отрыв пены от поверхности индентора для всех материалов (металл, окрашенная и неокрашенная поверхности).

Ключевые слова: поливиниловый спирт, полимерные гели, окрашенные гелеобразные пены

RESEARCH IN THE DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR OBTAINING STABLE GEL-SHAPED FOAMS

Babayan A.L., Kulikov M.V., Kulikova T.A.

Krasnodar Air Force Institute for Pilots named after Hero of the Soviet Union A.K. Serov, Krasnodar, e-mail: amb_2004@mail.ru

The object of the research is painted polymer gels and foams based on polyvinyl alcohol. The goal of the research is to evaluate physical and operational properties of painted foams based on polyvinyl alcohol and sodium metaborate. In the process of doing the research to evaluate operational properties of foam components, the following techniques were developed and used: the technique for obtaining the painted gel-shaped foam based on polyvinyl alcohol aqueous solutions and sodium metaborate; the technique for obtaining the painted gel-shaped foam based on polyvinyl alcohol solutions and sodium metaborate; the technique for evaluating adhesive and strength properties of gel-shaped foams. The research, for the first time, has produced the samples of four-coloured foams: red, blue, yellow, and green ones with satisfactory physical properties. Results of studies indicate that the gels obtained have a sufficient jellification time and, therefore, can be transferred to foams. As the quantity of dyes increases, Kg coefficient also increases which intensifies gel colour. Kg coefficient is higher for the painted compositions containing 7.5% of polyvinyl alcohol than for gels containing 5% of polyvinyl alcohol. Analysis of operational properties shows that with increased jellification time elasticity of the foam increases. Moreover, maximum increase in elasticity was observed within the period from 4 to 8 hours since the foam was obtained. When conducting experiments involving the determination of adhesion during the initial period (freshly prepared foam) with the rise of the indenter, the foam was detached from the surface of the indenter for all materials (metal, painted and unpainted surfaces).

Keywords: polyvinyl alcohol, polymer gels, colored gel foams

Одним из значительных достижений полимерной науки явилось создание газонаполненных пластмасс и эластомеров. В этих материалах сочетаются свойственные полимерам достаточная прочность, эластичность, химическая стойкость с относительно малой плотностью, высокими тепло-, электро- и звукоизоляционными характеристиками, являющимися основными элементами морфологической структуры газонаполненных материалов.

Некоторые гелеобразующие растворы полимеров (например, поливинилового спирта) обладают хорошими пенообразующими свойствами [1]. Это открывает широкие перспективы получения на их основе пен повышенной устойчивости при условии быстрого перевода пены в состояние геля после пеногенерирования, а также использования специальных способов и приборов для осуществления пеногенерации [2].

Цель исследования: разработка оптимального рецептурного состава окрашенной гелеобразующей композиции, обладающей стабильностью и временем гелеобразования, достаточным для перевода геля в пену, а также исследования процессов гелеобразования окрашенных композиций на основе водных растворов поливинилового спирта (ПВС).

Материалы и методы исследования

В качестве водорастворимого полимера использован поливиниловый спирт (ПВС), а инициатора гелеобразования – метаборт натрия (МБН). Выбор ПВС обусловлен склонностью его водных растворов к гелеобразованию, физиологической безвредностью, что выгодно его отличает от олигомерных композиций.

Для получения окрашенных гелей и пен были выбраны четыре стандартных пищевых красителя, относящиеся к группе азосоединений, допущенных к применению в странах ЕС, и разрешенные в Российской Федерации для использования в качестве пищевых добавок [3].

В данной работе при оценке эксплуатационных свойств вспененных материалов были разработаны либо использовались уже известные методики исследований.

Методика получения окрашенного геля на основе водных растворов поливинилового спирта и метабората натрия. При использовании данной методики был приготовлен водный раствор ПВС с концентрацией, равной 7,5 %. Навеску порошка ПВС при постоянном перемешивании малыми порциями засыпали в емкость с необходимым количеством воды при температуре 18–20 °С. Полученную суспензию помещали в водяной термостат, нагревали до температуры 80–85 °С и перемешивали в течение 30 минут до полного растворения полимера в воде.

Полученный раствор после остывания до комнатной температуры использовали для получения геля. Время гелеобразования определяли до момента полной остановки лопасти магнитной мешалки, помещенной в гелеобразующую композицию.

Для приготовления композиций использовали красители четырех цветов: желтый (Е 102, 0,125–1 %), красный (Е 124, 0,125–1 %), голубой (Е 132, 0,125–1 %), зеленый (Е 102+Е 132, 0,125–1 %). Готовили их 10 %-ные водные растворы в дистиллированной воде на водяной бане при температуре 40 °С. Приготовленные таким образом растворы красителей применяли для получения окрашенных образцов гелей и пен.

Для получения пены при проведении экспериментальных исследований использовали методику получения диспергационным (механическим) путем, т.е. пропусканием газа через пористую среду в водный раствор поливинилового спирта [4].

Методика оценки адгезионных и прочностных свойств гелеобразных пен позволила производить оценку прочностных и адгезионных свойств гелеобразной пены в лабораторных условиях на основе использования метода тензометрии. Оценка прочности на сжатие основана на определении усилия сопротивления внедренных в пену плоских пластин (инденторов) определенных размеров. В качестве инденторов использовались предварительно очищенные и обезжиренные, окрашенные эмалью ХВ-518 и неокрашенные стальные пластины, а также пластины, изготовленные из дерева (сосна). Оценка адгезии по этой методике основана на определении усилий отрыва плоской пластины от поверхности пены после их контакта. Для практической реализации данной методики был разработан и изготовлен измерительный комплекс, представленный на рис. 1.

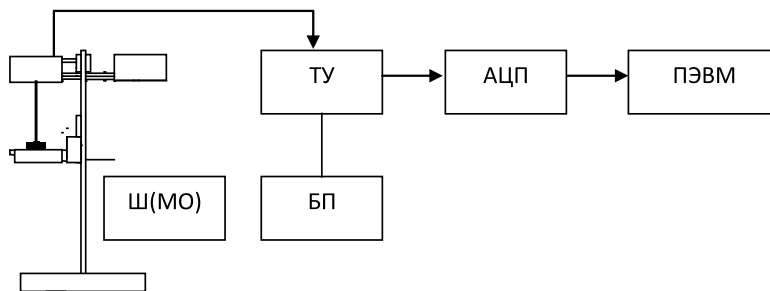


Рис. 1. Структурная схема измерительного комплекса: Ш (МО) – штатив с механическим оборудованием; БП – блок питания тензоусилителя; ТУ – тензоусилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Характеристики полученных окрашенных гелей

Цвет геля	Используемый краситель, концентрация	Состав геля		Время гелеобразования, с
		МБН 0,5 %	ПВС 7,5 %	
Красный	Е 124 (0,125–1 %)	24 в.ч.	76 в.ч.	14
Желтый	Е 102 (0,125–1 %)	20 в.ч.	80 в.ч.	8
Голубой	Е 132 (0,125–1 %)	26 в.ч.	74 в.ч.	10
Зеленый	Е 102 + Е 132 (0,125–1 %)	20 в.ч.	80 в.ч.	22

С помощью данной методики также проводили измерение прочности на разрыв и адгезии пены к материалу индентора во времени. Для осуществления возможности сравнения результатов экспериментов, полученных с использованием инденторов различных размеров, регистрируемые величины прочности на разрыв и адгезии относились к площади поверхности индентора.

Оценка адгезионных свойств и стойкости вспененных материалов при воздействии вибраций осуществлялась определением способности пены удерживаться на поверхности различных материалов (металл, дерево, окрашенная поверхность и др.) без разрушения при воздействии вибраций заданной частоты и ускорения и различных углах наклона поверхности. Для практической реализации данной методики использован стандартный вибрационный электродинамический стенд ВЭДС-10А [5]. Разработана и изготовлена ячейка для испытания на вибростойкость образцов гелеобразной пены, состоящая из устройства, позволяющего закреплять на рабочей части электродинамического вибратора пластины из различного материала с нанесенной на их поверхности пеной.

Результаты исследования и их обсуждение

Как показывают результаты проведенных исследований, полученные гели обладают достаточным временем гелеобразования и, следовательно, могут быть переведены в пены.

Получали пену, исходя из оптимальных условий: концентрация (расход) поливинилового спирта – 7,5 % (600 мл/мин), концентрация (расход) метабората натрия – 0,5 % (500 мл/мин), давление – 2–2,2 атм. Получены образцы вспененных материалов на основе разработанной рецептуры с кратностью 10...12. Высота столба пены уменьшилась через 3 суток на 15–20 %. Данные пены отличаются стабильностью и могут использоваться в качестве основы для разработки

окрашенных водно-полимерных пенных материалов.

Были получены образцы гелей красного, желтого, зеленого и голубого цветов. Характеристики гелей приведены в таблице.

После получения гелеобразных окрашенных пен была сделана попытка количественного определения интенсивности их окраски с помощью измерения кажущегося коэффициента отражения K_p для каждого красителя в интервале изменения его концентрации в рецептуре от 0 до 1 %. Эксперименты проводились для двух типов композиций с содержанием поливинилового спирта в количестве 5 % и 7,5 %. Количество гелеобразующего агента составляло 6 мл. Результаты экспериментальных исследований представлены на графике (рис. 2).

Анализ приведенных результатов показывает, что во всех опытах при увеличении концентрации красителя значение K_p уменьшается, при этом характер данного уменьшения подобен для гелеобразных пен всех типов и четырех цветов.

Так, для пен, окрашенных в красный цвет, видно, что характер уменьшения K_p для систем с 7,5 и 5 % поливинилового спирта подобен, однако кривая, соответствующая пене с 5 % поливинилового спирта, располагается несколько выше кривой для пены с 7,5 % поливинилового спирта. Величина уменьшения K_p для окрашенной пены с 5 % поливинилового спирта составляет 25 %, а для пены с 7,5 % поливинилового спирта – 30 %.

Подобная зависимость изменения кажущегося коэффициента отражения при увеличении концентрации красителя наблюдается и для пен, окрашенных в зеленый цвет. При этом уменьшение K_p для пен с 7,5 % и 5 % составляет примерно 35 %.

Анализ изменения графических зависимостей изменения K_p от количества красителя для пен, окрашенных в синий цвет, показал, что кажущийся коэффициент отражения уменьшается с увеличением количества красителя и его значения для обеих концентраций поливинилового спирта

почти совпадают, при этом с увеличением концентрации красителя от 0,125 до 1 % K_{Π} уменьшается на 20 %.

Аналогичное совпадение наблюдается и для пен, окрашенных в желтый цвет. Однако в указанном диапазоне увеличения концентрации красителя K_{Π} уменьшается на 35 %.

Наблюдаемое уменьшение K_{Π} всех исследованных пен с увеличением концентрации красителей в диапазоне от 0,125 до 1 % полностью соответствует представлению о том, что с увеличением интенсивности окраски системы кажущегося коэффициента отражения ее поверхность уменьшается.

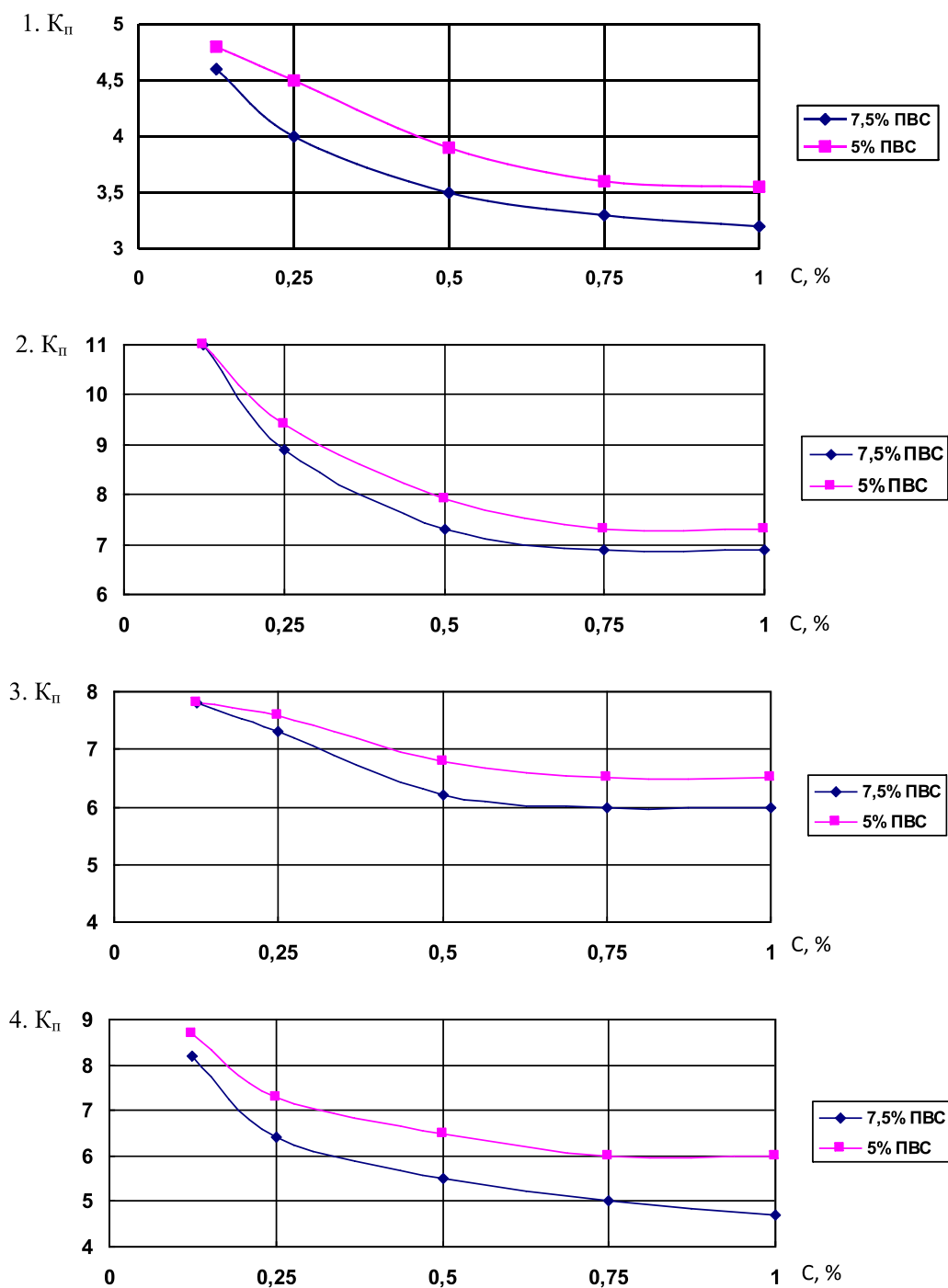


Рис. 2. Зависимость изменения кажущегося коэффициента отражения от концентрации красителей и ПВС (1 – красный; 2 – желтый; 3 – синий; 4 – зеленый)

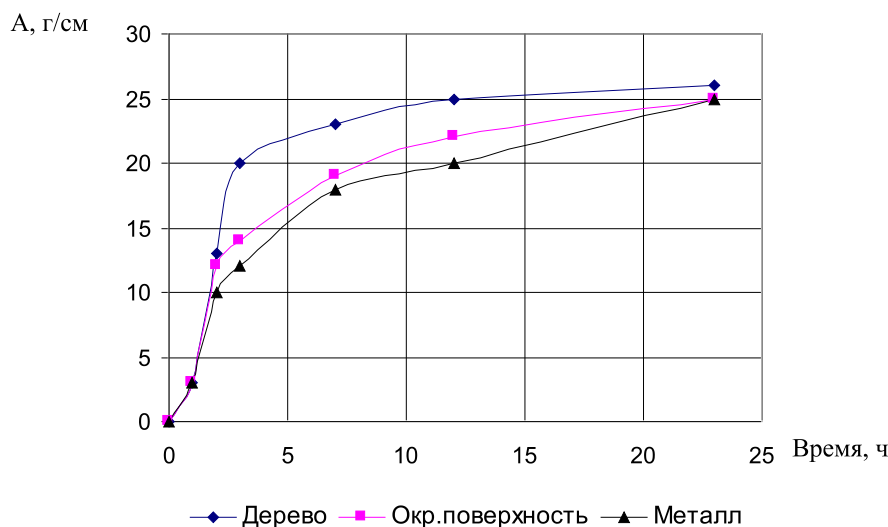


Рис. 3. Изменение адгезии при растяжении во времени для гелеобразной окрашенной пены

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что: во-первых, получение гелеобразных пен различных цветов на основе окрашенной пищевыми азокрасителями, принципиально возможно; во-вторых, возможна количественная оценка интенсивности окраски получаемых пен с помощью определения кажущегося коэффициента отражения K_n ; в-третьих, можно получать цветные пены, оттенки которых соответствуют заданным.

Данные пены отличаются стабильностью и могут использоваться в качестве основы для разработки адаптивно-окрашенных водно-полимерных пенных материалов.

Исследование механических свойств пенных покрытий. Эксперимент состоял из двух этапов. На первом этапе проводилось измерение начальной прочности на сжатие, а также изменение упругих свойств во времени.

Анализ приведенных результатов показывает, что с увеличением времени упругость пены возрастала. Причем максимальный рост упругости наблюдался в период от 4 до 8 ч с момента получения пены. Данный факт, по нашему мнению, объясняется формированием в результате высыхания на поверхности пены жесткой пленки ПВС, для деформации которой требуется большее усилие при внедрении индентора в пену.

Факт увеличения упругости пен в начальный период, вероятно, связан с тем, что непосредственно после получения пен процесс гелеобразования не заканчивается, т.е. продолжается процесс образования водород-

ных связей между гелеобразователем и гелеобразующим агентом, что, соответственно, приводит к увеличению упругости пен.

На следующем этапе определялась адгезия пен к металлическим, окрашенным и неокрашенным поверхностям. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

При проведении экспериментов по определению адгезии в начальный период (свежеприготовленная пена) с подъемом индентора наблюдался отрыв пены от поверхности индентора для всех материалов (металл, окрашенная и неокрашенная поверхности).

В дальнейшем (через 30 мин и более) с подъемом индентора свежеприготовленные пены прочно удерживались на его поверхности, и с увеличением расстояния между индентором и пеной происходило разрушение пены. После этого на инденторе оставались фрагменты пены, прочно удерживающиеся за счет адгезии. В данном случае величина адгезии пены превышала прочность пены.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что характер зависимости величины адгезии и прочности от времени для различных поверхностей подложки имеют общий характер. В течение первых 30 минут после получения пены происходит возрастание величины адгезии.

Как было сказано выше, с течением времени адгезия начинала превышать прочность пены, величина которой быстро увеличилась в интервале от 1 до 6 ч с 4 г/см² до 17 г/см², и далее монотонно возрастала. Данный факт можно объяснить, как и в слу-

чае результатов измерения упругости формированием при высыхании на поверхности пены жесткой пленки ПВС. Причем для окрашенных и металлических поверхностей величины адгезии и прочности практически идентичны, а для деревянной поверхности выше. Это, по-видимому, объясняется высокой пористостью материала.

Выводы

В целом в работе была показана перспективность использования пищевых красителей класса диазосоединений для получения пеноматериалов различных цветов и оттенков. Полученные результаты показывают, что гелеобразные пены из предлагаемых рецептур обладают достаточными неплохими механическими и адгезионными характеристиками.

Список литературы / References

1. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/4178234/> (дата обращения: 22.01.2019).

2. Корольченко Д.А., Шароварников А.Ф. Физические параметры пены высокой кратности, используемой при тушении пожаров в закрытых помещениях // Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 85–92.

Korolchenko D.A., Sharovarnikov A.F. Physical Parameters of High Expansion Foam Used for Fire Suppression in the Enclosed Space // Vestnik MGSU. 2015. № 2. P. 85–92 (in Russian).

3. Асулян Л.Д., Алферов В.А., Долгая Д.В., Горячева А.А., Прокопенко Д.В. Свойства поливинилового спирта, модифицированного N-винилпирролидоном, растворов, пленок и биорецепторных элементов на его основе // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2013. Вып. 2. Ч. 1. С. 231–240.

Asulyan L.D., Alferov V.A., Dolgaya D.V., Goryacheva A.A., Prokopenko D.V. Properties of polyvinyl alcohol modified by N-vinylpyrrolidone, solutions, films and bioreceptor elements based on it // News of Tula State University Natural Sciences. 2013. Vol. 2. Part 1. P. 231–240 (in Russian).

4. Манжай В.Н., Фуфаева М.С. Дисперсность и устойчивость пены, полученной из раствора поливинилового спирта, и свойства сформированных пеннокриогелей // Коллоидный журнал. 2014. Т. 76. № 4. С. 495–498.

Manzhai V.N., Fufaeva M.S. Dispersity and stability of foams obtained from poly(vinyl alcohol) solution and the properties of resulting foamed cryogels // Colloid Journal. 2014. T. 76. № 4. P. 455–458.

5. ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. 35 с.

УДК 544.773.3:544.72.02:544.344

СОСТАВ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ В ЭМУЛЬСИЯХ НЕФТИ

¹Корякина В.В., ^{1,2}Иванова И.К., ¹Семенов М.Е., ³Шитц Е.Ю.

¹ФГБУН «Институт проблем нефти и газа СО РАН», Якутск, e-mail: KoryakinaVV@ipng.ysn.ru;

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Якутск, e-mail: iva-izabella@yandex.ru;

³ФГБНУ «НИИ Республиканский исследовательский научно-консультационный центр
экспертизы», Москва, e-mail: l.u.shitz@mail.ru

В статье приведены результаты экспериментального исследования состава, равновесных температур и давлений образования гидратов природного газа в эмульсиях нефти, содержащих 20–80 мас. % водной фазы. В качестве методов исследования использован метод синтеза в ячейках высокого давления и дифференциально-сканирующая калориметрия. Изучены степени заполнения полостей кристаллической структуры гидратов, их химический состав, а также P,T-условий их стабильного существования в эмульсионных системах. Показано, что газогидраты, синтезированные в эмульсиях нефти, содержат в своем составе метан, этан, пропан, изо-бутан и н-бутан и, таким образом, представляют собой клатраты структуры КС-II. Установлено, что малые полости гидрата природного газа равновесного состава заполняются метаном, заполнение больших полостей, стабилизирующих структуру растущего кристалла гидрата, происходит преимущественно за счет пропана. Показано, что в экспериментальном образце гидрата природного газа, синтезированном в эмульсионной среде, большие полости заполняются преимущественно метаном, а стабилизация структуры происходит за счет молекул этана и пропана. Установлен химический состав гидрата природного газа, сформированного в эмульсии нефти в ячейках высокого давления, который равен $0,79\text{CH}_4 \cdot 0,09\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 0,08\text{C}_3\text{H}_8 \cdot 0,02i\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 0,02n\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 7,6\text{H}_2\text{O}$. Установлено, что в среде эмульсий нефти в ячейках высокого давления формируются гидраты природного газа неравновесного состава, тогда как в ячейках ДСК – равновесного, состава $0,68\text{CH}_4 \cdot 0,06\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 0,22\text{C}_3\text{H}_8 \cdot 0,03i\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 0,01n\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 6,4\text{H}_2\text{O}$. Установлено, что экспериментальная равновесная кривая образования гидратов природного газа в эмульсиях нефти смещена выше расчетной равновесной кривой для системы «дистиллированная вода + газ, растворенный в нефти» и совпадает для расчетной кривой системы «дистиллированная вода + природный газ». Показано, что равновесные P,T-условия образования гидратов природного газа в микрообъемах эмульсий нефти не зависят от наличия нефтяной фазы.

Ключевые слова: гидрат природного газа, гидратообразование, эмульсия нефти, состав гидрата, равновесные условия

COMPOSITION OF NATURAL GAS HYDRATE AND ITS FORMATION CONDITIONS IN OIL EMULSIONS

¹Koryakina V.V., ^{1,2}Ivanova I.K., ¹Semenov M.E., ³Shitz E.Yu.

¹Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk, e-mail: KoryakinaVV@ipng.ysn.ru;

²M.K. Ammosov's North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: iva-izabella@yandex.ru

³Scientific Research Institute – Federal Research Centre for Projects Evaluation and Consulting Services,
Moscow, e-mail: l.u.shitz@mail.ru

The article presents the results of an experimental study of the composition, equilibrium temperatures and pressures of formation of natural gas hydrates in oil emulsions containing 20–80 wt. % of aqueous phase. As research methods, the method of synthesis in high-pressure cells and differential scanning calorimetry was used. The filling degree of the cavities of hydrate crystal structure, their chemical composition, as well as the P,T-conditions of their stable existence in emulsion systems were studied. It is shown that gas hydrates synthesized in oil emulsions contain methane, ethane, propane, i-butane and n-butane, and, thus, are clathrates of the CS-II structure. It has been established that the small cavities of the natural gas hydrate of the equilibrium composition are filled with methane; the filling of the large cavities stabilizing the structure of the growing hydrate crystal occurs mainly due to propane. It is shown that in an experimental sample of a natural gas hydrate synthesized in an emulsion medium, large cavities are filled mainly with methane, and the structure is stabilized by ethane and propane. The chemical composition of the natural gas hydrate formed in the oil emulsion in high-pressure cells was determined as $0,79\text{CH}_4 \cdot 0,09\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 0,08\text{C}_3\text{H}_8 \cdot 0,02i\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 0,02n\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 7,6\text{H}_2\text{O}$. It was established that in the medium of oil emulsions in the high pressure cells, non-equilibrium natural gas hydrates are formed, whereas in DSC cells – an equilibrium composition of $0,68\text{CH}_4 \cdot 0,06\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 0,22\text{C}_3\text{H}_8 \cdot 0,03i\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 0,01n\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 6,4\text{H}_2\text{O}$. It was established that the experimental equilibrium curve for the formation of natural gas hydrates in oil emulsions is shifted above the calculated equilibrium curve for the system «distilled water+gas dissolved in oil» and coincides with the calculated curve of the system «distilled water+natural gas». It is shown that the equilibrium P,T-conditions for the formation of natural gas hydrates in the microvolumes of oil emulsions do not depend on the presence of the oil phase.

Keywords: natural gas hydrate, hydrate formation, oil emulsion, hydrate composition, equilibrium conditions

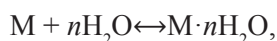
Гидраты газов – нестехиометрические соединения воды и газов, в отличие от неорганических гидратов, представляющие собой соединения включения клатратного типа,

в которых молекулы воды являются «хозяевами», а молекулы газа – «гостями» [1, 1]. Кристаллическая структура гидратов газов представлена водным каркасным остовом,

составленным из сочлененных с помощью водородных связей молекул воды, заполненным молекулами газа-«гостя». Этот каркас сформирован из полостей различных диаметров – больших и малых – размеры которых определяют тип молекул-гостей, а количество – тип кристаллической структуры газогидрата. Большие полости гидратной структуры участвуют в стабилизации всей структуры газогидрата путем взаимодействия гостевых молекул газа слабыми Ван-дер-Ваальсовыми силами с молекулами полостей. Заполнение полостей водного каркаса молекулами газа-гидратообразователя происходит неравномерно, и чем выше заполнение больших полостей, тем устойчивее формируемая структура гидрата.

Комбинации водных полостей в различных соотношениях дают множество типов кристаллических структур, наиболее распространенными из которых являются две кубических – КС-I и КС-II, и одна гексагональная ГС структуры. Например, природные газы при умеренных давлениях чаще всего формируют гидраты кубических структур [1].

Структура газогидратов однозначно определяет условия их существования, и, таким образом, равенство



где M – молекула газа-гидратообразователя, n – гидратное число, выполняется при определенных P, T -условиях, называемых равновесными.

Описанию фазовых равновесий в системах «многокомпонентный газ – гидрат – вода» посвящены работы [2–5]. Показано, что в общем случае рост концентрации метана в газе-гидратообразователе приводит

к смещению равновесной P, T -кривой гидратообразования в сторону более высоких давлений и низких температур, и наоборот.

Исследованию равновесных условий гидратообразования в эмульсионных нефтяных системах посвящены работы [6, 7], в которых изучались преимущественно P, T -условия образования простого гидрата метана. Вопросы, связанные с исследованием термодинамических условий образования/разложения гидратов природных газов в нефтяных системах, изучены недостаточно ввиду сложности таких систем.

В настоящей работе приводятся результаты исследования состава, а также равновесных P, T -условий существования гидратов природного газа, получаемых в водонефтяных эмульсиях.

Материалы и методы исследования

Водонефтяные эмульсии были получены из дистиллированной воды и нефти Иреляхского газонефтяного месторождения (ГНМ) Республики Саха (Якутия), состав и свойства которой приведены в табл. 1, без использования каких-либо дополнительных эмульгаторов. Для получения гидратов в водонефтяных эмульсиях во всех экспериментах в качестве газа-гидратообразователя был использован осушенный природный газ (ПГ) Средневиллюйского газоконденсатного месторождения (ГКМ) Лено-Виллюйской нефтегазоносной провинции (табл. 1).

Изучение условий образования и разложения гидратов природного газа в среде водонефтяных эмульсий проводилось с использованием дифференциального сканирующего калориметра высокого давления DSC 204 HP Phoenix фирмы Netzsch (Германия).

Таблица 1

Характеристика нефти Иреляхского ГНМ РС(Я) и состав природного газа Средневиллюйского ГКМ

Характеристика нефти Иреляхского ГНМ РС(Я)		Компонентный состав природного газа Средневиллюйского ГКМ (состав определен по ГОСТ 23781)	
Характеристика	Значение	Компонент	Содержание, об. %
Плотность при 20°C, г/см ³	0,869	CH ₄	92,87
Вязкость при 20°C, мм ² /с	20,6	C ₂ H ₆	5,25
Содержание парафинов, мас. %	1,47	C ₃ H ₈	1,21
Содержание масел, мас. %	72,1	i-C ₄ H ₁₀	0,12
Содержание смол, мас. %	10,4	n-C ₄ H ₁₀	0,12
Содержание асфальтенов, мас. %	0,3	N ₂	0,38
		CO ₂	0,05

Гидраты природного газа в среде водо-нефтяных эмульсий получали в ячейках высокого давления (ЯВД), которые были разработаны и изготовлены в ИПНГ СО РАН [8], при начальном давлении газа 76 бар, при охлаждении ЯВД со скоростью 0,1 °С/мин от +25 до –10 °С, и выдерживании при минимальной температуре до конца синтеза. По окончании синтеза синтезированные гидраты подвергали разложению при +25 °С, измеряли объем выделившегося газа в гидратной фазе, по которому рассчитывали степень связывания воды в гидрат и удельное газосодержание.

Анализ состава полученной газовой фазы осуществляли на газо-адсорбционном хроматографе GC-2010 Plus ATF (Shimadzu, Япония) по ГОСТ 31371.7-2008.

Гидратное число n в составе гидрата находили исходя из данных, полученных при разложении гидрата, по соотношению

$$n = \frac{22400\gamma}{18 \cdot 100 \cdot \Gamma} = 12,44 \cdot \frac{\gamma}{\Gamma},$$

где γ – степень связывания воды в гидрат, найденная согласно [9], %; Γ – удельное газосодержание, мл/г, определяемое как содержание газа в единице водной фазы эмульсии.

По полученным данным анализа состава газа в гидрате вычисляли степени заполнения малых θ_1 и больших θ_2 полостей гидрата молекулами природного газа с помощью соотношения [10]:

$$X_i'' = \frac{2\theta_{1i} + \theta_{2i}}{2\sum\theta_{1i} + \sum\theta_{2i}},$$

где X_i – мольная доля i -го компонента в гидратной фазе. При этом исходили из допущений, что:

1) малые полости оккупируются только молекулами метана, т.е.

$$\sum\theta_{1i} = \theta_{1i},$$

2) большие полости гидрата оккупируются полностью, т.е.

$$\sum\theta_{2i} = 1.$$

Равновесный состав при 285 К, а также давление и температуры существования гидратов природного газа в системе «дистиллированная вода + природный газ» рассчитывали в программном пакете CSMHyd, использующей методику Sloan [1] по уравнению состояния Редлиха – Квонга.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 приведены результаты анализа газов, полученных из гидратов природного газа, синтезированных в эмульсиях нефти и дистиллированной воде, и непосредственно растворенной в нефти. Анализ газовой фазы показал, что газогидраты, синтезированные в эмульсиях нефти и дистиллированной воде, содержат в своем составе метан, этан, пропан, изо-бутан и н-бутан и, таким образом, представляют собой клатраты структуры КС-II.

Видно, что с ростом содержания воды в эмульсиях нефти, количество метана в синтезируемой гидратной фазе увеличивается. Вероятно, это происходит из-за возрастания концентрации тяжелых компонентов природного газа в нефтяной фазе с ростом ее количества в эмульсии.

Таким образом, гидраты природного газа, полученные в эмульсиях нефти, содержат в своем составе больше тяжелых гомологов, чем гидраты на основе того же газа и дистиллированной воды, и состоят из (средние значения): метана (78,7 ± 6,18 об.%), этана (9,68 ± 3,47 об.%), пропана (8,13 ± 3,38 об.%), н-бутана (2,53 ± 0,49 об.%) и изо-бутана (1,64 ± 0,59 об.%).

Таблица 2

Состав газовой фазы, растворенной в нефти и в гидратах природного газа, полученных из эмульсий нефти с различным содержанием воды (данные по составу эмульсии 80н:20в отсутствуют)

Источник газовой фазы	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀
Нефть исходная	69,36	14,98	11,47	1,4	2,79
Гидрат из ВНЭ 60н:40в	72,8	11,3	10,8	2,3	2,8
Гидрат из ВНЭ 40н:60в	82,6	6,1	7,8	1,3	2,3
Гидрат из ВНЭ 20н:80в	80,8	9,7	5,0	1,5	2,9
Гидрат из дистиллированной воды	83,5	5,7	9,7	0,5	0,5

На основании полученных данных вычислены значения степеней заполнения полостей (табл. 3) и составов гидратов природного газа (табл. 4).

Установлено, что малые полости гидрата природного газа равновесного состава заполняются метаном, заполнение больших полостей, стабилизирующих структуру растущего кристалла гидрата, происходит преимущественно за счет пропана. Видно, что в экспериментальном образце гидрата природного газа, синтезированном в эмульсионной среде в ЯВД, большие полости заполняются преимущественно метаном, а стабилизация структуры происходит за счет молекул этана и пропана (табл. 3).

Состав гидрата природного газа, экспериментально полученного в ЯВД, насыщен метаном и этаном относительно его расчетного равновесного состава (табл. 4). Таким образом, в ходе синтеза в ячейках высокого давления в эмульсиях нефти происходит формирование гидрата природного газа неравновесного состава. Возможно, образование в ЯВД гидрата природного газа неравновесного состава связано с особенностями процесса его синтеза – получением в больших объемах эмульсии, в замкнутом реакторе с ограниченным объемом газа.

Дополнительный расчет по программе CSMHud показал, что равновесное давление разложения гидратов природного газа состава, приведенного в табл. 4, равно

4,50 МПа при 285 К, что совпадает с таковыми, найденными в ДСК-экспериментах [9]. Таким образом, установлено, что в эксперименте ДСК в эмульсиях нефти, в ее микрообъемах, происходит образование гидрата природного газа равновесного состава.

На основании экспериментально определенных равновесных значений температур и давлений разложения гидратов природного газа в эмульсиях нефти построена фазовая диаграмма системы «природный газ + эмульсия нефти» (рисунок). На рисунке также приведены расчетные равновесные кривые для систем «дистиллированная вода + природный газ» и «дистиллированная вода + газ, растворенный в нефти».

Видно (рисунок), что экспериментальная равновесная кривая гидратов природного газа в эмульсиях нефти, полученная путем экстраполяции ДСК-данных (кривая 2), незначительно смещена в пределах ошибки относительно расчетной равновесной кривой для дистиллированной воды и природного газа (кривая 1). Установлено, что экспериментальная равновесная кривая (кривая 2) смещена выше относительно расчетной равновесной кривой для системы «дистиллированная вода + газ, растворенный в нефти» (кривая 3). Таким образом, состав газа, формирующего гидрат в микрообъеме эмульсии нефти, не совпадает с составом газа, растворенного в нефти, и имеет состав исходного природного газа.

Таблица 3

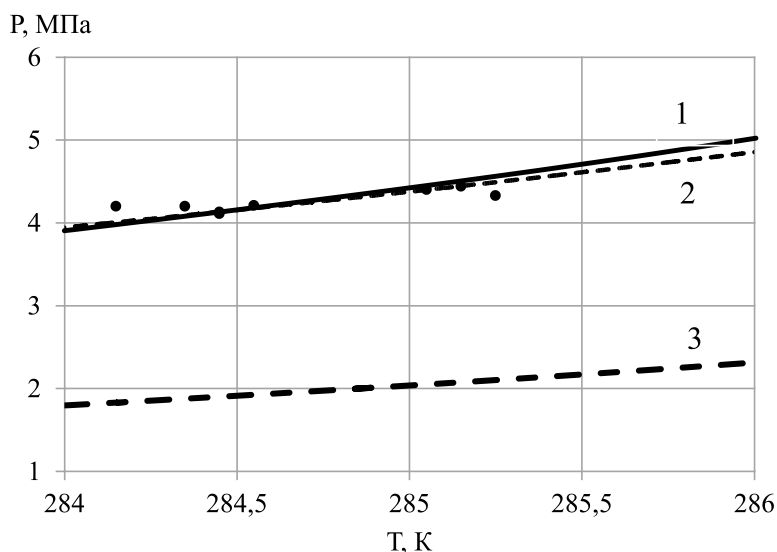
Степени заполнения компонентами природного газа малых θ_1 и больших θ_2 полостей гидратов, полученных при синтезе из эмульсий нефти

Компонент	Равновесные при 285 К (согласно расчету по CSMHud)		Экспериментальные (согласно данным при синтезе в ЯВД-ячейке)	
	θ_1	θ_2	θ_1	θ_2
CH ₄	0,83	0,17	0,62	0,53
C ₂ H ₆	0	0,16	0	0,20
C ₃ H ₈	0	0,58	0	0,18
<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	0	0,08	0	0,05
<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	0	0,01	0	0,04
Σ	0,83	1,00	0,62	1,00

Таблица 4

Состав гидратов природного газа, полученных из эмульсий нефти

Равновесный состав (согласно расчету по CSMHud при 285 К)	0,68CH ₄ ·0,06C ₂ H ₆ ·0,22C ₃ H ₈ ·0,03 <i>i</i> -C ₄ H ₁₀ ·0,01 <i>n</i> -C ₄ H ₁₀ ·6,4H ₂ O
Экспериментальный состав (согласно данным при синтезе в ЯВД-ячейке)	0,79CH ₄ ·0,09C ₂ H ₆ ·0,08C ₃ H ₈ ·0,02 <i>i</i> -C ₄ H ₁₀ ·0,02 <i>n</i> -C ₄ H ₁₀ ·7,6H ₂ O



P,T-условия гидратообразования: 1 – для системы «эмульсия нефти + природный газ», определенные согласно экспериментальным данным (точки); 2 – расчетные для системы «дистиллированная вода + природный газ»; 3 – расчетные для системы «дистиллированная вода + газ, растворенный в нефти»

Таким образом, показано, что P,T-условия существования гидратов природного газа в микрообъемах эмульсий нефти не зависят от наличия нефтяной фазы, которая, как было отмечено в работе [4], не влияет на равновесные условия образования гидрата метана. Вероятно, такой характер поведения системы в ДСК-анализе обусловлен особенностями экспериментальных условий: малыми объемами образца и постоянным составом газа-гидратообразователя – при которых реализуются равновесные условия гидратообразования.

Детальные решения вопросов, связанных с изучением состава гидратов природного газа в эмульсиях нефти и P,T-условий их существования, требуют проведения дополнительных, более тщательных исследований.

Заключение

Таким образом, получены новые данные, дополняющие блок исследований процессов гидратообразования в системах «нефть – вода – газ – гидратообразователь». Полученные новые экспериментальные данные по кинетике образования гидратов природного газа в эмульсиях различных нефтяных дисперсных систем позволяют лучше понять механизм их образования, и потому могут быть использованы для моделирования процесса и создания на его основе эффективных

технологий совместной транспортировки нефти-сырца и природного газа.

Работа выполнена в рамках Госзаказа № 0377-2016-003, при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Саха (Якутия) (Проект № 18-45-140035), а также со стороны Минобрнауки России в рамках выполнения базовой части государственного задания (Проект 10.7697.2017/ВУ «Организация проведения научных исследований»).

Список литературы / References

1. Бык С.Ш., Макогон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. М.: Химия, 1980. 296 с.
Bik S.Sh., Makogon Yu.F., Fomina V.I. Gas hydrates. M.: Khimiya, 1980. 296 p. (in Russian).
2. Sloan E.D. Clathrate Hydrates of Natural Gases: 2nd Ed. N.Y.: CRC Press, 1998. 705 p.
3. Rajnauth J., Barrufet M., Falcone G. Hydrate Formation: Considering the Effects of Pressure, Temperature, Composition and Water. Energy Science and Technology. 2012. vol. 4. no. 1. P. 60–67. DOI: 10.2118/131663-MS.
4. Cao X., Huang Y., Li W., Zheng Z., Jiang X., Su Y., Zhao J., Liu C. Phase diagrams for clathrate hydrates of methane, ethane, and propane from first-principles thermodynamics. Physical Chemistry Chemical Physics. 2016. vol. 28. no. 18. P. 3272–3279. DOI: 10.1039/C5CP06570D.
5. Tanaka H., Yagasaki T., Matsumoto M. On the phase behaviors of hydrocarbon and noble gas clathrate hydrates: Dissociation pressures, phase diagram, occupancies, and equilibrium with aqueous solution. The Journal of Chemical Physics. 2018. vol. 149. no. 7. P. 074502–15. DOI: 10.1063/1.5044568.
6. Стопорев А.С., Манаков А.Ю., Алтунина Л.К., Богословский А.В., Стрелец Л.А., Аладко Е.Я. Зависимость скоростей образования и P-T-областей устойчивости нефтяных суспензий гидрата метана от состава нефтей // Нефтехимия. 2014. Т. 54. № 3. С. 169–175. DOI: 10.7868/S0028242114030101.

Stoporev A.S., Manakov A.Yu., Altunina L.K., Bogoslovskii A.V., Strelets L.A., Aladko E. Ya. Dependence of the rate of formation and the P-T stability field of methane hydrate suspensions in crude oils upon oil composition // *Petroleum Chemistry*. 2014. Vol. 54. P. 171–176. DOI: 10.1134/S0965544114030104.

7. Semenov M.E., Manakov A.Yu., Shitz E.Yu., Stoporev A.S., Altunina L.K., Strelets L.A., Misyura S.Ya., Nakoryakov V.E. DSC and thermal imaging studies of methane hydrate formation and dissociation in water emulsions in crude oils. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2015. vol. 119. Issue 1. P. 757–767. DOI: 10.1007/s10973-014-4203-7.

8. Семенов М.Е., Калачева Л.П., Шиц Е.Ю., Рожин И.И. Разложение гидратов природного газа в присутствии метанола // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2010. Т. 18. № 2. С. 153–157.

Semenov M.E., Kalacheva L.P., Shits E.Yu., Rozhin I.I. Natural Gas Hydrate Decomposition in the Presence of Metha-

nol // *Chemistry for Sustainable Development*. 2010. Vol. 18. № 2. P. 147–151.

9. Корякина В.В., Иванова И.К., Семенов М.Е., Рожин И.И., Федорова А.Ф., Шиц Е.Ю. Особенности роста, состава и содержания гидратов природного газа, синтезированных в обратных эмульсиях нефти // *Журнал прикладной химии*, 2017. Т. 90. Выпуск 8. С. 1026–1032.

Koryakina V.V., Ivanova I.K., Semenov M.E., Rozhin I.I., Fedorova A.F., Shits E.Yu. Specific features of the growth, composition, and content of natural gas hydrates synthesized in inverted oil emulsions // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2017. Vol. 90. Issue 8. P. 1258–1264. DOI: 10.1134/S1070427217080110.

10. Гройсман А.Г. Теплофизические свойства газовых гидратов. Новосибирск: Наука, 1985. 95 с.

Groysman A.G. Thermophysical properties of gas hydrates. Novosibirsk: Nauka, 1985. 95 p. (in Russian).

УДК 631.3-1/-9:62-559.3

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СНИЖЕНИЯ ЦЕНЫ НАМЕЧАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА

Коженко Н.В., Сафронова Т.И., Дегтярев Г.В.

*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар,
e-mail: mail@kubsau.ru*

Перед сельскохозяйственными производителями в свете решения правительства РФ об импортозамещении продукции активно ставится вопрос ресурсосбережения. Прежде всего это касается двух основных факторов производства – земли и воды. Стратегическим направлением работы с землей является повышение ее плодородия, тогда как с водой ставится вопрос ее бережливого использования. В КубГАУ для решения вопроса исключения нерегулируемых протечек на внутрихозяйственном звене оросительных систем разработаны специальные регуляторы. В статье описан один из предлагаемых регуляторов. Регуляторы расхода воды совместно с рисовым чеком и водораспределительным каналом представляют собой систему автоматического регулирования. При проектировании необходимо предусмотреть выполнение мероприятий, обеспечивающих надежность сооружений в периоды строительства и эксплуатации. Авторы предлагают осуществлять стоимостную оценку намечаемых мероприятий на основе вероятностного подхода, количественно оценивая мероприятия, их состав, объем, сроки ввода, очередность. В рамках предложенной математической модели нами вычислены основные характеристики цены состояния объекта – плотность распределения вероятностей рассматриваемой случайной величины, ее математическое ожидание и дисперсия. Рассмотрена оптимизационная задача о нахождении закона изменения цены удовлетворительного состояния системы, обеспечивающая максимальную прибыль с учетом потерь от неблагоприятного состояния. Модель может быть использована при разработке мероприятий по снижению неопределенностей управленческих решений, при разработке альтернативных управленческих решений, например капитальных затрат на реконструкцию оросительной системы или замену регуляторов на более совершенные, а также при разработке режимов эксплуатации, включая анализ паводкового и межennale периодов эксплуатации оросительной системы.

Ключевые слова: вероятностная модель, стоимостная оценка, оптимизационная задача, фильтрационные потери

THEORETICAL MODEL OF COST DECLINE PROCESS OF THE PLANNED MEASURES ON PROVIDING RICE FIELD WITH WATER

Kozhenko N.V., Safronova T.I., Degtyarev G.V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin», Krasnodar, e-mail: mail@kubsau.ru*

In the light of the decision of the Government of the Russian Federation on import substitution of products, agricultural producers are actively raising the issue of resource conservation. First of all, this concerns the two main factors of production – land and water. The strategic direction of work with the land is to increase its fertility, whereas with water it is a question of its economical use. In KubGAU, special regulators have been developed to address the issue of eliminating unregulated leaks at the on-farm link of irrigation systems. The article describes one of the proposed regulators. Regulators of water flow together with rice field and water distribution channel are an automatic control system. When designing, it is necessary to provide the implementation of measures for ensuring the reliability of structures during periods of construction and operation. The authors propose to carry out a cost estimate of the planned measures on the basis of a probabilistic approach, quantifying the measures, their composition, volume, lead times, and priority. Within the framework of the proposed mathematical model, we calculated the main characteristics of the price of the state of an object – the probability distribution density of the random variable in question, its expectation and variance. The optimization problem of finding the law of price change of a satisfactory state of the system, ensuring maximum profit with regard to losses from an unfavorable state, is considered. The model can be used in the development of measures to reduce management uncertainties, in the development of alternative management solutions, for example, capital expenditures, the reconstruction of the irrigation system or the replacement of regulators with more advanced ones, as well as in the development of operating modes, including the analysis of flood and low-flow periods systems.

Keywords: probabilistic model, valuation, optimization problem, seepage losses

Взятый Российской Федерацией курс на импортозамещение сельскохозяйственной продукции тем более актуален для такого продукта, как рис, в силу его высоких потребительских качеств. Рис – теплолюбивое растение, его производство возможно только в южных регионах страны, и возделывание риса затоплением предполагает большое водопотребление [1]. Природно-

климатические факторы, удовлетворяющие производству риса, в полной мере обеспечены в Краснодарском крае, являющемся основным рисопроизводящим регионом страны.

Однако в бассейне реки Кубань, основной водной артерии края, в связи с благоприятным сочетанием природно-климатических факторов, веками активно

использовались земельные и водные ресурсы, но в настоящее время землепользователи сталкиваются с их дефицитом [2].

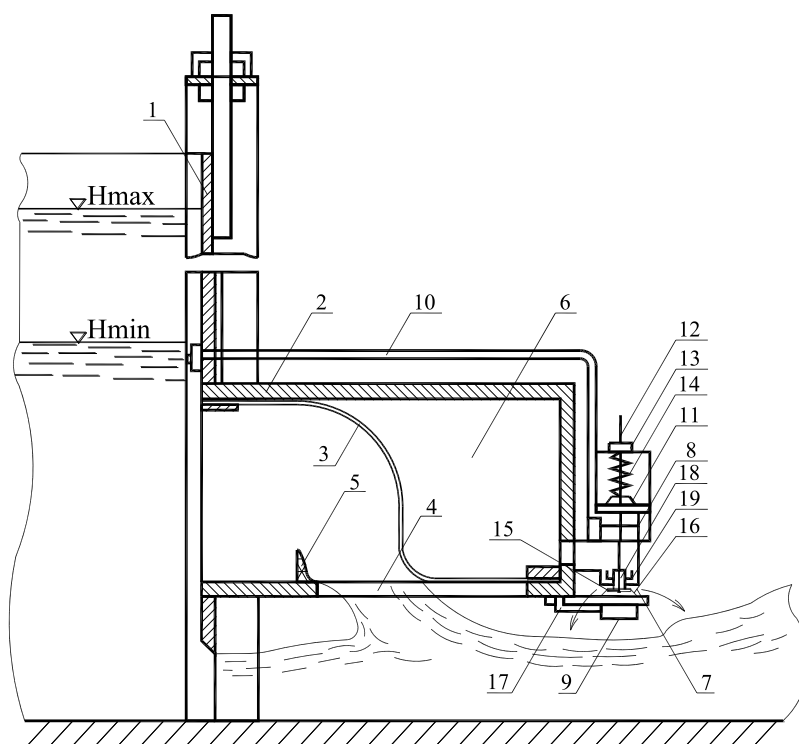
Переход от экстенсивного к интенсивному пути развития отрасли рисоводства – единственный путь в сложившейся ситуации, требующий поиска новых технологических и технических решений [3]. И начинать надо, по нашему мнению, с внутрихозяйственного звена оросительных систем, наиболее обделенного вниманием ученых и производителей в настоящее время. Если вопросу фильтрационных потерь из каналов, в определенной степени влияющему на изменения мелиоративно-гидрологической обстановки не в лучшую сторону, уделялось должное внимание, то практически с конца прошлого столетия, когда широкое внедрение получили регуляторы с эластичными рабочими органами, технические средства водораспределения на внутрихозяйственном звене мало изменились.

При этом, несмотря на положительные качества, такие как простота в эксплуатации, относительная дешевизна устройства и неприхотливость в работе, у данных регуляторов есть существенный недостаток – это нерегулируемые протечки, составляющие порядка 10% [4]. Если в прошлом

с данным недостатком мирились, то настало время, когда такие потери воды для оросительной системы стали неприемлемы.

Для решения вопроса исключения нерегулируемых протечек на внутрихозяйственном звене оросительных систем в КубГАУ разработаны специальные регуляторы [5]. Цель исследования – разработать модель процесса снижения цены намечаемых мероприятий по водообеспеченности рисового чека.

Рассмотрим один из предлагаемых регуляторов, представленный на рисунке. Регулятор расхода воды содержит плоский щит 1, к которому со стороны нижнего бьефа прикреплена прямоугольная призма 2. Во внутренней части призмы 2 размещена гибкая лента 3, функционально реализующая задачу запорного органа, причем один ее конец прикреплен к верхней стенке призмы 2, расположенной непосредственно у щита 1, а другой конец, наоборот, прикреплен к нижней стенке призмы 2, в ее части наиболее удаленной от щита 1, и названной седлом 4. Седло 4 на грани водовыпускного отверстия, расположенного в его внутренней части, наиболее приближенной к щиту 1, имеет порог 5 в виде водослива с криволинейным профилем, повернутым в сторону контакта с гибкой лентой.



Регулятор расхода воды с гибким рабочим органом

Запорный орган регулятора, реализованный лентой 3, располагаясь во внутренней полости призмы 2, разделяет последнее на части, одна из которых формирует полость 6, посредством которой и сливного канала 7 реализуется управление работой регулятора. Регулятор расхода воды содержит верхний 8 и нижний 9 мембранные корпуса. Полость верхнего мембранного корпуса 8 соединена трубопроводом 10 с верхним бьефом. Мембрана 11 верхнего мембранного корпуса 8 посредством штока 12 с винтом уставки 13, подпружиненной пружиной 14, имеет связь с жестким центром 15, расположенным на мембране 16, в свою очередь, находящуюся внутри мембранного корпуса 9. При этом корпус 9 гидравлическим каналом 17 связан с полостью 6 регулятора.

Внутри выходного патрубка сливного канала 7 установлен клапан, выполненный в виде втулки 18 с профилированными вырезами 19.

На внутрихозяйственном звене мелиоративной системы регулятор расхода воды функционирует в следующей последовательности действий. Для подачи определенного расхода воды плоский щит 1 устанавливается на определенное открытие. Далее со стороны верхнего бьефа в системе водоподдачи могут быть отмечены рассогласования. Допустим, уровень воды в вышележащем канале повысился, тогда, при наличии гидравлической связи 10, в верхнем мембранном корпусе 8 давление также увеличится. Результатом таких действий явится прогиб мембраны 11, который повлечет сжатие пружины 14 и одновременно перемещение штока 12. Однако, в свою очередь, шток 12 обеспечит изменение положения жесткого центра 15, который закреплен на мембране 16 корпуса 9. При этом корпус 9 гидравлической связью 17 сообщен с полостью 6 регулятора. Осуществляемые из-за изменившегося давления в верхнем бьефе перемещения элементов регулятора приведут в движение и втулку 18, на боковых гранях которой расположены профилированные вырезы 19. Тогда последнее из рассмотренных действий обеспечит уменьшение площади сливного канала 7, а это повлечет уменьшение истечения из полости 6. Запорный орган 3 в таком случае начнет движение и будет перекрывать отверстие в седле 4 истечения из регулятора, обеспечив в конечном итоге, по завершению переходных процессов, восстановление параметров истечения в регуляторе.

Настройка работы регулятора на граничные режимы – полное открытие или полное закрытие истечения через проходное отверстие в седле 4 выполняется с помощью уставки 13 винтом при его установке в соответствующее крайнее положение [6].

Особая роль в рассматриваемом регуляторе отведена порогу 5, расположенному на грани отверстия истечения в седле 4, со стороны верхнего бьефа. Опыт эксплуатации гидравлических регуляторов на рисовых чеках показал, что одно из уязвимых мест их работы – это обеспечение полного перекрытия проходного отверстия в седле 4 [7]. В момент перекрытия силы гидравлического воздействия на запорный орган с обеих сторон практически уравниваются, а такое неустойчивое состояние не может обеспечить полного перекрытия отверстия истечения, следствием чего являются нерегулируемые протечки. В рассмотренном регуляторе порог 5 позволяет использовать гидравлическое давление, образованное по высоте порога, и тем самым обеспечить разность давлений по различным сторонам запорного органа и, как следствие, решить задачу герметичного перекрытия проходного отверстия в регуляторе.

Материалы и методы исследования

Регуляторы расхода воды совместно с рисовым чеком и водораспределительным каналом представляют собой систему автоматического регулирования (САР), где уровень воды в чеке принимается за параметр регулирования. Для эффективной эксплуатации подобных САР необходимо осуществлять оценку намечаемых мероприятий, таких как внедрение собственно САР, отслеживающей изменение уровня воды в водораспределительном канале в процессе перерегулирования, изменение уровня в чеке из-за транспирации, испарения и собственно подачи объема воды, а также за счет фильтрационных процессов.

При этом необходимо учитывать стоимость самого регулятора, его элементов и эксплуатационных мероприятий. Естественно, что указанные факторы, определяющие состояние системы в определенный период времени, содержат неопределенность как по отношению друг к другу, так и к системе. Исходя из представленного целесообразно рассмотреть вероятностную модель процесса снижения цены намечаемых проектных и эксплуатационных мероприятий по выбору управленческих решений (например, объема чека, качественных

показателей поддержания уровня воды в заданных параметрах и т.д.) на основе вероятностного подхода в системе внутрихозяйственного водораспределения, где оцениваемые параметры трактуются случайными величинами.

Разработка мелиоративных мероприятий с учетом их затратности – актуальная в настоящее время задача [8]. Особенно капиталоемкими являются следующие мелиоративные работы – реконструкция и капитальная планировка рисовых оросительных систем, улучшение их мелиоративного и технического состояния. Обоснование выбора управленческих решений следует проводить количественно, оценивая мероприятия, их состав, объем, сроки ввода, очередности. Такие расчеты позволят заранее оценить последствия решения, исключить недопустимые варианты и использовать рентабельные.

Рассмотрим вопрос о затратности мелиоративных мероприятий, исследуя на экс-

тремум функцию, выражающую прибыль хозяйства и учитывающую потери от неблагоприятного состояния мелиоративной системы [9].

Пусть цена намечаемого мероприятия $S(t)$ изменяется непрерывно со временем t . Предполагаем, что функция $S(t)$ со временем строго монотонно убывает от некоторой цены $S_0 = S(0)$. Обозначим вероятность наступления неблагоприятного состояния $R(S)$. Намечаемые мероприятия образуют пуассоновский поток интенсивности λ . В статье «Вероятностная модель процесса снижения цены намечаемого мероприятия» [10] вычислены основные характеристики случайных величин – цены намечаемых мероприятий и промежутка времени до наступления благоприятного состояния – среднее значение, дисперсия, дифференциальная функция распределения. Приведем формулу для плотности вероятностей промежутка времени до наступления благоприятного состояния:

$$p(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right).$$

Если при цене S_m отмечается неудовлетворительное состояние системы всегда, то S_m – минимальная цена и $R(S_m) = 1$.

Далее составим выражение для общего дохода Q , учитывая ущерб $K(\tau)$, который испытывает система, если удовлетворительное состояние наступит в момент времени τ [11]:

$$Q = \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau$$

и потребуем $Q \Rightarrow \max_{S(\tau)}$.

Дифференциальное уравнение для оптимального значения $S(\tau)$ получили, применив методы вариационного исчисления:

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K'(\tau) = 0. \quad (1)$$

(1) – дифференциальное уравнение первого порядка относительно $S(\tau)$.

Далее получили дополнительное условие для определения константы.

$$\frac{R(S(0))}{R'(S(0))} + S(0) - K(0) = \int_0^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \quad (2)$$

Пусть выражение ущерба $K(\tau) = K_0 \tau$ – линейная функция и дифференциальное уравнение, соответствующее этому случаю, имеет вид

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K_0 = 0. \quad (3)$$

Решение уравнения (3): $S(\tau) = S_0$. Тогда $S'(\tau) = 0$, и мы приходим к алгебраическому уравнению

$$-\lambda \frac{R^2(S_0)}{R'(S_0)} = K_0. \quad (4)$$

Если принять зависимость цены от времени функцией

$$S(t) = S = S_m + (S_0 - S_m)e^{-\alpha t},$$

так что $S(0) = S_0$ и $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = S_m$, то выражение (4) принимает вид

$$K_0 = \lambda \frac{(S_M - S_0)^2}{S_M - S_m}, \quad (5)$$

где S_M – максимальная цена мероприятий, при которой не отмечается ущерб природной среде, S_m – минимальная цена, при которой всегда отмечается ущерб природной среде.

Из выражения (5) получаем оптимальную стоимость мелиоративных мероприятий:

$$S_0 = S_M - \sqrt{\frac{K_0(S_M - S_m)}{\lambda}}. \quad (6)$$

Результаты исследования и их обсуждение

В работе составлена не детерминированная, а вероятностная модель с учетом стохастического характера процесса снижения цены намечаемых мероприятий по водообеспеченности рисового чека [12].

Техническая система адаптации, т.е. приспособления к меняющимся условиям функционирования, заставляет использовать подход фиксированной эффективности при минимально возможной стоимости [13].

В [10] подчеркивается необходимость стоимостной оценки негативных последствий, рисков и ущербов. Полученная нами формула (4) позволяет подобрать значения рабочих параметров, оптимальных с точки зрения закона повышения динамичности системы.

Осуществлено экономическое обоснование применения гидравлических регуляторов на инженерно-мелиоративных системах. Расчет осуществлялся через объем сэкономленной воды по ставке водного налога по бассейну р. Кубань. Экономия позволяет дополнительно обеспечить водой площади сельскохозяйственного назначения.

Капитальные вложения в проект составили 18 966,00 руб., стоимость ремонта – 4 555,80 руб.

Оценка эффективности проекта экономики оросительной воды при использовании ленточных регуляторов в рисовом хозяйстве Красноармейского района Краснодарского края производилась с использованием дисконтирования соответствующих денежных потоков.

За расчетный период, равный 10 годам, дисконтированный прирост чистого дохода (ДПЧД) при использовании ленточных регуляторов расхода и уровня воды составил 261,370 тыс. руб., а прирост чистого дохода (ПЧД) составит 550,163 тыс. руб. Индексы доходности затрат и инвестиций имеют положительные значения, ввиду чего проект был признан эффективным. Проект окупается на пятый год эффективного использования.

Выводы

В КубГАУ для решения вопроса исключения нерегулируемых протечек на внутрихозяйственном звене оросительных систем разработаны специальные регуляторы. В статье описан один из предлагаемых регуляторов. Регуляторы расхода воды совместно с рисовым чеком и водораспределительным каналом представляют собой систему автоматического регулирования. При проектировании необходимо предусмотреть выполнение мероприятий, обеспечивающих надежность сооружений в периоды строительства и эксплуатации. Авторы предлагают осуществлять стоимостную оценку намечаемых мероприятий на основе вероятностного подхода, количественно оценивая мероприятия, их состав, объем, сроки ввода, очередность. В рамках предложенной математической модели рассмотрена оптимизационная задача о нахождении закона изменения цены удовлетворительного состояния системы, обеспечивающая максимальную прибыль с учетом потерь от неблагоприятного состояния. Модель может быть использована при разработке мероприятий по разработке плана реконструкции оросительной системы или замены регуляторов на более совершенные, при составлении графика эксплуатации оросительной системы.

Результаты могут быть использованы для сравнительного анализа различных вариантов природоохранных мероприятий, для установления допустимых пределов изменения характеризующих параметров,

превышение которых может привести к необратимым явлениям, для определения очередности осуществления мероприятий, своевременной разработки мероприятий по недопустимому ухудшению почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель.

Список литературы / References

1. Подлипов В.В., Щедрин В.Н., Бабичев А.Н., Васильев С.М., Бланк В.А. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 5. С. 877–884. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.
2. Podlipnov V.V., Shchedrin V.N., Babichev A.N., Vasilyev S.M., Blank V.A. Experimental Determination of Soil Moisture on Hyperspectral Images // Computer optics. 2018. T. 42. № 5. P. 877–884 (in Russian).
3. Дегтярева О.Г., Дегтярев В.Г. Системы регулирования стока атмосферных осадков на Черноморском побережье Краснодарского края: монография. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2018. 125 с.
4. Degtyareva O.G., Degtyarev V.G. Systems of adjusting of flow of atmospheric fallouts on the black Sea coast of the Krasnodarskoye edge: monografiya. Krasnodar: Kubanskij GAU, 2018. 125 p. (in Russian).
5. Дегтярева О.Г. Использование САЕ-систем для решения инженерных задач // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 г. (Краснодар, 09 февраля 2016 г.). Краснодар, 2016. С. 462–463.
6. Degtyareva O.G. Use of the SAE-systems for the decision of engineerings tasks // Scientific providing agro-industrial complex: the collection of articles of the 71st scientific and practical conference of teachers following the results of research for 2015 (Krasnodar, on February 09, 2016). Krasnodar, 2016. P. 462–463 (in Russian).
7. Дегтярев Г.В., Коженко Н.В. Исследование расходных характеристик регулирующего органа ленточного регулятора расхода воды методом планирования эксперимента // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 46. С. 212–218.
8. Degtyarev G.V., Kozhenko N.V. Study of the flow characteristics of the regulator of a tape water flow regulator by the method of experiment planning // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 46. P. 212–218 (in Russian).
9. Дегтярев В.Г., Дегтярев Г.В. Ленточный регулятор расхода с адаптивными характеристиками для рисовых чеков // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 36. С. 337–341.
10. Degtyarev V.G., Degtyarev G.V. Tape flow control with adaptive characteristics for rice checks // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 36. P. 337–341 (in Russian).
11. Найденев С.В., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Оптимизация водораспределения на оросительных системах при дефиците водных ресурсов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1 (69). С. 132–136.
12. Naydenov S.V., Domashenko Yu.E., Vasilev S.M. Optimization of Water Distribution at the Irrigation Systems under Water Resources Scarcity // Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya. 2018. № 1 (69). P. 132–136 (in Russian).
13. Бандурин М.А., Волосухин В.А. Пути повышения эффективности и устойчивости гидротехнических сооружений при длительном использовании в условиях изменяющихся погодных и сейсмических факторов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2 (70). С. 98–104.
14. Bandurin M.A., Voloshukhin V.A. Ways of Improving the Hydraulic Structures Efficiency and Stability by Long-Term Use Under the Conditions of Changing Weather and Seismic Factors // Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya. 2018. № 2 (70). P. 98–104 (in Russian).
15. Ламскова М.И., Новиков А.Е., Филимонов М.И., Константинова Т.Г. Совершенствование стадии водоочистки систем капельного орошения гидроциклонами с оптимизированными параметрами // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства: сборник Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (Волгоград, 06–09 сентября 2017 г.). Волгоград, 2017. С. 376–381.
16. Lamskova M.I., Novikov A.E., Filimonov M.I., Konstantinova T.G. Perfection of the stage of waste water treatment of the systems of tiny irrigation gidrociklonami with the optimized parameters Land reclamation role in realization of the state scientific and technical policy for the benefit of sustainable development of agriculture: the collection of the international scientific and practical conference devoted to the 50 anniversary of the All-Russian Research Institute of the irrigated agriculture (Volgograd, on September 06–09, 2017). Volgograd, 2017. P. 376–381 (in Russian).
17. Волосухин В.А., Волосухин Я.В., Бандурин М.А., Назаренко В.А. Мониторинг технического состояния магистральных каналов обводнительно-оросительных систем: учебное пособие. Новочеркасск: Лик, 2018. 40 с.
18. Volosukhin V.A., Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A., Nazarenko V.A. Monitoring of technical condition of the main channels of obvodnitelno-irrigating systems: manual. Novocherkassk: Lik, 2018. 40 p. (in Russian).
19. Сафронова Т.И., Соколова И.В. Вероятностная модель снижения цены мелиоративного мероприятия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 132 [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/26.pdf> (дата обращения: 09.01.2019). DOI: 10.21515/1990-4665-132-026.
20. Safronova T.I., Sokolova I.V. Probabilistic model of price of reclamative measure abatement // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2017. № 132 [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/26.pdf> (date of access: 09.01.2019) (in Russian).
21. Кузнецов Е.В., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Системно-информационная оценка экологического состояния рисовой оросительной системы // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 3. С. 28–30.
22. Kuznetsov E.V., Safronova T.I., Prihodko I.A. System and information assessment of an ecological condition of a rice irrigating system // Melioration and Water Management. 2005. № 3. P. 28–30 (in Russian).
23. Дегтярев В.Г., Дегтярева О.Г. Экспериментальные исследования и математическое 3D моделирование ленточного регулятора расхода воды // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 57. С. 175–181.
24. Degtyarev V.G., Degtyareva O.G. Experimental studies and mathematical 3D modeling of a tape water flow regulator // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 57. P. 175–181 (in Russian).
25. Микитин С.В., Шуравилин А.В., Бородин В.В., Новиков А.Е. Влияние обработки почвы и минерального питания на динамику биологической активности и NPK при возделывании ярового ячменя // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 4. С. 295–304.
26. Mikitin S.V., Shuravilin A.V., Borodychev V.V., Novikov A.E. Influence of Soil and Mineral Food Processing on the Dynamics of Biological Activity and NPK in Cold Yarns // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2017. T. 12. № 4. P. 295–304 (in Russian).

УДК 630*561.24(470.311)

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДРЕВОСТОЯХ БЕРЕЗЫ НА ТЕРРИТОРИИ ДОМОДЕДОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Румянцев Д.Е., Фролова В.А., Денисова Н.Б.

Мытищинский филиал ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет), Мытищи, e-mail: dendro15@list.ru

Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) относится к рассеянно-сосудистым древесным породам, и на образцах древесины ее кольца относительно слабо различимы. Это обусловило относительно малую исследованность данного вида на территории Русской равнины дендрохронологическими методами. В то же время в условиях рекреационных лесов и лесопарков Москвы и Московской области этот вид является одним из важнейших лесообразователей. В данной статье излагаются результаты дендрохронологических исследований в древостоях березы на территории Домодедовского лесничества Московской области. На основании выполненных исследований было установлено, что все модельные древостои относятся к VI классу возраста. Древостои всех четырех пробных площадей несмотря на наличие отличий в формируемых с их участием фитоценозов по флористическому составу подлеска и живого напочвенного покрова, характеризуются сходными условиями для роста и развития деревьев березы. Дендроклиматический анализ показал, что водный дефицит в июне и июле является главным лимитирующим рост экологическим фактором, вызывающим плохой рост и плохое состояние деревьев березы. В целом сильные и однозначные связи между изменчивостью конкретных отдельных метеопараметров и изменчивостью величины годичных колец отсутствуют, что типично для насаждений в неэкстремальных условиях местопроизрастания. Для улучшения состояния насаждений, стимуляции радиального прироста в целях скорейшего зарастания ран и механических повреждений стволов может быть рекомендован полив деревьев в июне и июле в те годы, когда сумма осадков за эти месяцы будет значительно ниже среднелетних показателей по г. Москве.

Ключевые слова: радиальный прирост, дендрохронология, береза повислая, леса Московской области

RESULTS OF DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES IN BIRCH STANDS AT THE DOMODEDOVO FORESTRY OF THE MOSCOW REGION

Rumyantsev D.E., Frolova V.A., Denisova N.B.

Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University

(National Research University of Technology), Mytishchi, e-mail: dendro15@list.ru

Birch (*Betula pendula* Roth.) belongs to disseminated vascular tree species and is relatively poorly distinguishable on wood samples. This led to relatively little research of this species on Russian plain by dendrochronological methods. At the same time, in conditions of recreational forests and woodland parks of Moscow and Moscow region this specie is one of the most important forest-forming species. Dendrochronological diagnosis for features of radial growth in these conditions has a great interest for forest science theory as well as for forestry practices. The results of dendrochronological investigations in betula stands from Domodedovo forestry of Moscow region are disclosed in this article. On the basis of the conducted studies it was established, that all model stands consist of VI age class. The trees of all four test plots, despite the presence of differences in the phytocenoses formed with their participation in the floristic composition of the undergrowth and live ground cover, are characterized by similar conditions for the growth and development of birch trees. Dendroclimatic analysis showed that water scarcity in June and July is the main limiting factor of ecological growth, which can cause poor growth and poor condition of birch trees. In general, there are no strong and unambiguous connections between the variability of specific individual meteorological parameters and the variability of annual rings, which is typical for plantations in non-extreme conditions of vegetation. To improve the condition of plantations, to stimulate radial growth in order to accelerate the overgrowing of wounds and mechanical damage to trunks, watering trees in June and July can be recommended in those years when the amount of precipitation over these months will be significantly lower than the average long-term indicators in Moscow.

Keywords: radial growth, dendrochronology, *Betula pendula*, forests of Moscow region

Древесина березы относится к рассеянно-сосудистым древесным породам. Годичные кольца у видов с рассеянно-сосудистой древесиной слабо различимы, и они менее популярны, чем кольце-сосудистые и хвойные древесные породы [1]. Это обусловлено тем, что для проявления годичных колец на дендрохронологических образцах от рассеянно-сосудистых древесных пород необходимы более трудоемкие методы об-

работки поверхности, что было отмечено еще Д.И. Менделеевым [1], а также позднее А.Н. Тихомировым и В.А. Жолтко [1]. Трудности распознавания годичных колец обусловили низкий интерес дендрохронологов к закономерностям изменчивости радиального прироста у березы и других рассеянно-сосудистых пород, тем не менее ряд исследований в этом направлении был все-таки выполнен как дендрохронологически-

ми методами [2–4], так и с использованием дендроклиматической информации [5–7]. В данной статье изложены отдельные результаты анализа изменчивости радиального прироста березы в условиях Домодедовского района Московской области, частично она развивает положения предыдущей [8].

Согласно лесорастительному районированию Московской области, леса Домодедовского района относятся к району северо-западной окраины Подмосковной Мещёры с маломощным покровом водно-ледниковых отложений, лежащим на размытой морене. Березовые леса относятся ко вторичным. Район исследования вплотную примыкает к городу Москве. В работе академика Л.П. Рысина и соавторов [9] отмечалось, что березняки на территории Москвы ничем существенно не отличаются от экосистем-аналогов, находящихся за пределами города.

Целью настоящего исследования была диагностика особенностей роста березы повислой в условиях Домодедовского лесничества Московской области на основе данных об изменчивости годичных колец. Задачами исследования был отбор образцов древесины, построение временных рядов изменчивости годичных колец, анализ изменчивости радиального прироста, в том числе и анализ влияния климатических факторов на формирование годичных колец березы.

Материалы и методы исследования

Методика отбора образцов, построения древесно-кольцевых хронологий и их анализа с использованием табличного процессора Excel была аналогична методикам, использовавшимся ранее [1]. Было заложено четыре пробных площади, с каждой из которых было отобрано по 15 кернов древесины, по одному с каждого учетного дерева. При выделении типов березовых лесов ориентировались на работу Л.П. Рысина и соавторов [9]. Первым шагом было выделение участков отличающихся по составу растительного покрова, вторым заложение временных пробных площадей, третьим отбор кернов древесины, четвертым отбор образцов древесины, пятым измерение ширины годичных колец и получение древесно-кольцевых хронологий, и шестым – анализ полученных данных. Использовались традиционные для лесоводственной дендрохронологии методы математической обработки данных [1].

Пробная площадь 1 принадлежит к такому типу леса, как березняк хвощевый. Преобладание хвоща полевого (*Equisetum*

arvense L.) в составе живого напочвенного покрова указывает на тяжелые, кислые и достаточно увлажненные почвы.

Пробная площадь 2 относится к такому типу леса, как березняк разнотравный. По сравнению с ПП 1 благодаря наличию земляники лесной (*Fragaria vesca* L.), ландыша майского (*Convallaria majalis* L.) и гравилата городского (*Geum urbanum* L.) почва данного участка следует рассматривать как менее кислую и менее увлажненную. О большем плодородии почвы на данном участке по сравнению с ПП 1 говорит более развитый подлесок.

Пробная площадь 3 расположена в таком типе леса, как березняк широколиственно-волосистоосоковый. Живой напочвенный покров на данном участке насыщен неморальными видами, что говорит о высоком плодородии почвы, достаточном уровне увлажнения и низкой кислотности почвы. О плодородии почвы свидетельствует примесь липы в составе древостоя и развитый подлесок с преобладанием лещины.

Пробная площадь 4 расположена в березняке разнотравно-волосистоосоковом. Почвы данного участка могут быть охарактеризованы как наиболее сухие, древостой здесь низкополнотный и испытывает сильную рекреационную нагрузку, о чем свидетельствует наличие рудеральных видов: одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Web. Ex Wigg.), лопуха большого (*Arctium lappa* L.), живучки ползучей (*Ajuga reptans* L.), манжетки обыкновенной (*Alchemilla vulgaris* L.).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате измерения ширины годичных колец нами были получены временные ряды радиального прироста. Они отражают колебания ширины годичного кольца по годам у учетных деревьев. Полученные временные ряды приведены на графиках (рис. 1–4).

На основе графиков можно сделать вывод, что все учетные деревья имеют приблизительно один возраст. Отличия по длине временных рядов радиального прироста могут быть связаны с разной скоростью роста в высоту и разновременным достижением учетными деревьями высоты 1,3 м (на которой производился отбор керна). Наиболее длинная хронология из всех исследованных имеет первое годичное кольцо, датируемое 1948 г. В целом класс возраста исследованных древостоев оценивается как VI.

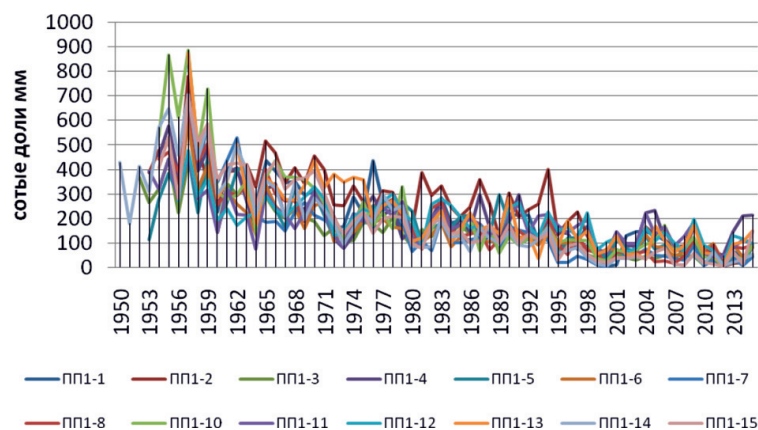


Рис. 1. Динамика радиального прироста у учетных деревьев на пробной площади № 1

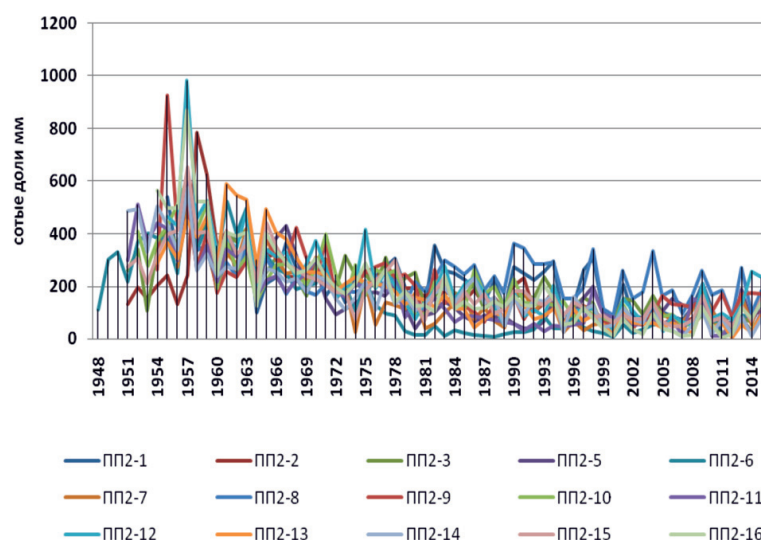


Рис. 2. Динамика радиального прироста у учетных деревьев на пробной площади № 2

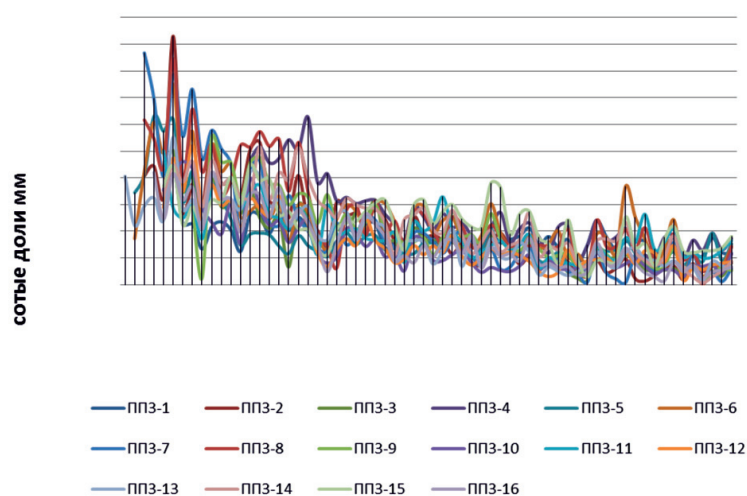


Рис. 3. Динамика радиального прироста у учетных деревьев на пробной площади № 3

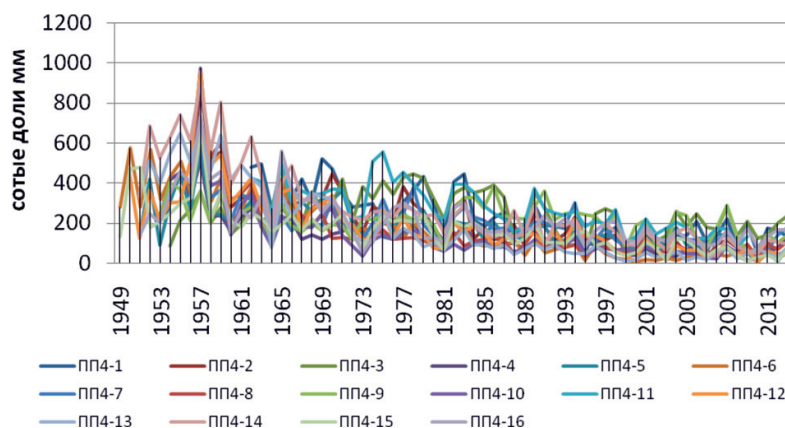


Рис. 4. Динамика радиального прироста у учетных деревьев на пробной площади № 4

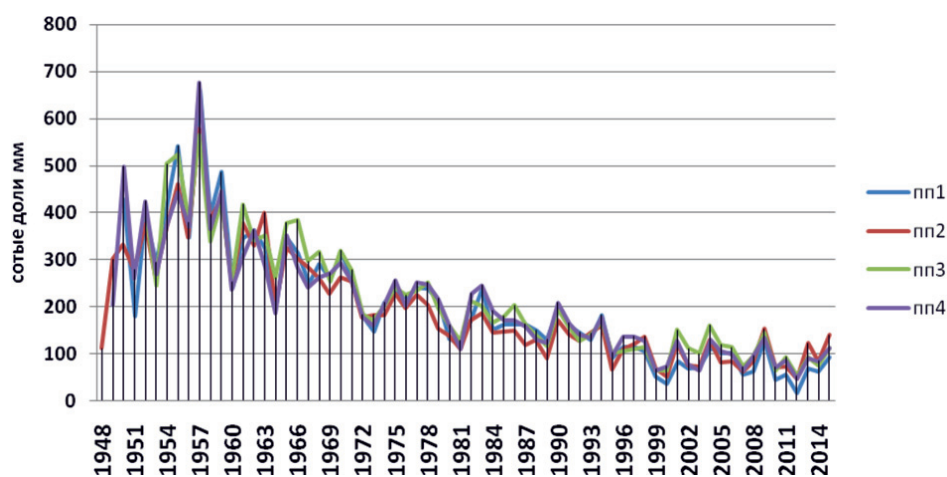


Рис. 5. Динамика радиального прироста у учетных деревьев на пробных площадях

Ряды радиального прироста, полученные для отдельных деревьев на каждой пробной площади, послужили основой для расчета средней хронологии по ширине годичного кольца по данной пробной площади. Такого рода временные ряды позволяют ретроспективно охарактеризовать динамику продуктивности деревьев на пробных площадях. Полученные временные серии графически отражены на рис. 5.

По результатам анализа можно отметить, что наибольшей шириной годичного кольца характеризуются деревья на пробной площади № 2. Занимаемый ею участок характеризуется как обладающий наиболее благоприятными условиями для роста и развития насаждений березы. Менее благоприятны условия роста на пробных площадях № 3 и № 4, и наименьшей скоростью роста, наименьшим годичным радиальным приростом характеризуются

деревья на ПП 1. Результаты анализа в целом совпадают с данными выполненной нами фитоиндикации плодородия почвы на основе встречаемости видов напочвенного покрова. Однако в целом отличия по приросту между рассматриваемыми площадями невелики и при ретроспективном анализе нестабильны – лидирующее положение по величине прироста в разные периоды роста демонстрируют хронологии с разных пробных площадей. Важно, что колебания величины прироста на всех четырех пробных площадях характеризуются высоким уровнем синхронности. Изложенное делает возможным объединение всех данных в единую выборку, для которой возможно рассчитать общее среднее (рис. 6) и вести дендрохронологическую диагностику, распространяя ее выводы на все древостои березы в пределах рассматриваемого кадастрового участка.

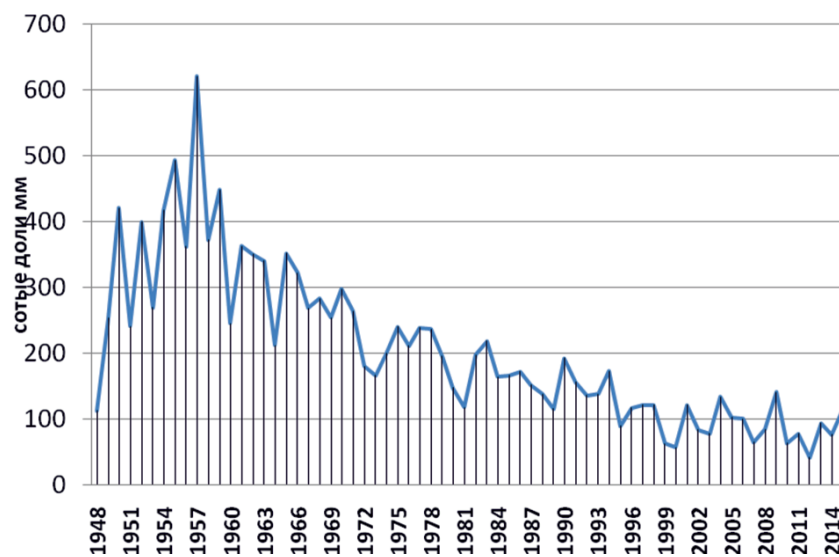


Рис. 6. Динамика средней ширины годичного кольца у деревьев березы в условиях 30 квартала Домодедовского лесничества

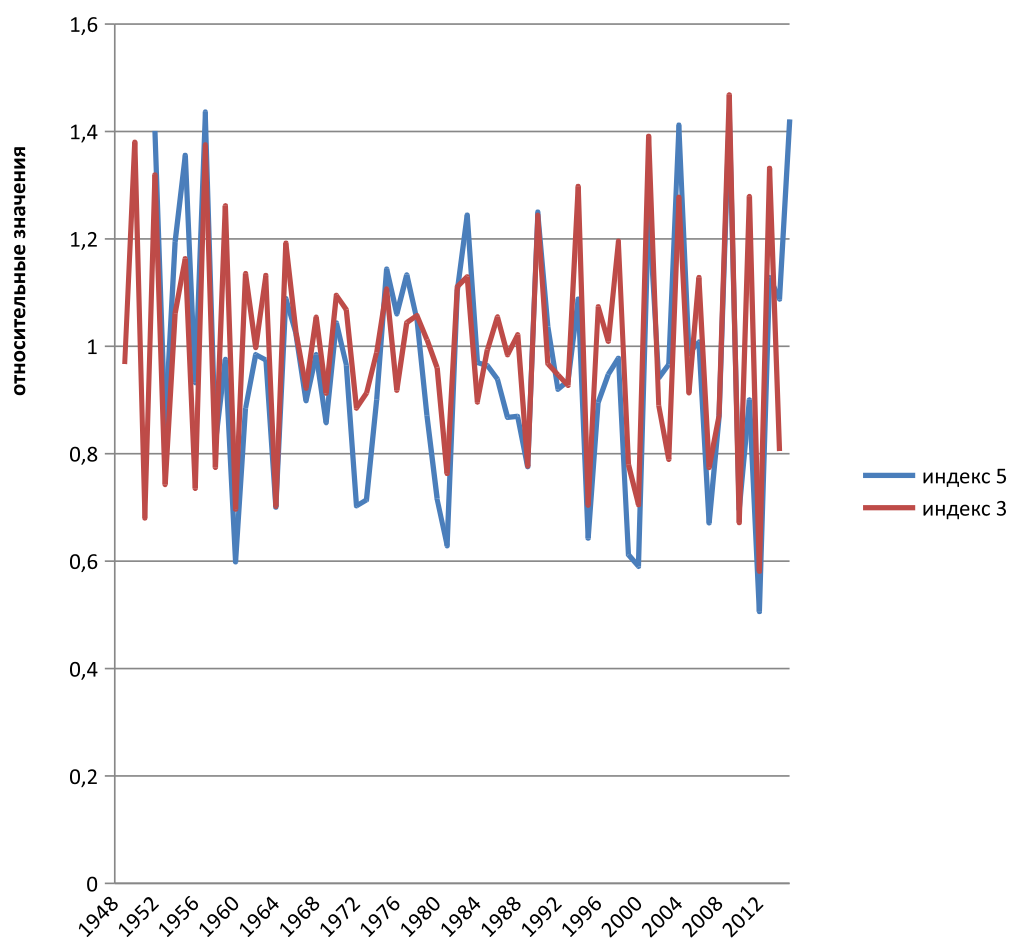


Рис. 7. Динамика индексов радиального прироста, рассчитанных двумя различными способами

Анализируя долговременные тенденции изменчивости радиального прироста, в первую очередь необходимо отметить закономерное снижение ширины годичного кольца с возрастом. Это явление хорошо известно в дендрохронологии и носит название возрастного тренда. Для выполнения корреляционного анализа влияния климатических факторов на прирост необходимо провести математические преобразования рядов радиального прироста в ряды индексов радиального прироста [1]. Индексы радиального прироста были рассчитаны двумя способами. По первому ширина годичного кольца делилась на ширину годичного кольца за последние пять лет (индекс 5). По второму ширина годичного кольца делилась на средний прирост за три года: текущий, предыдущий и последующий (индекс 3). Анализируя динамику рядов индексов радиального прироста, можно отметить, что процедура индексации успешно удалила из временных серий долговременную тенденцию. При этом ряды индексов прироста несколько отличаются по размаху отклонений прироста. Расчет коэффициентов сходства демонстрирует высокое сходство между дендрохронологическими рядами: коэффициент корреляции равен 0,81, а коэффициент синхронности 87%.

Для корреляционного анализа были использованы ряды метеоданных (средне-месячные температуры, месячные суммы

осадков) метеостанции МГУ. При уровне доверительной вероятности 0,05 и числе степеней свободы 60 достоверны значения коэффициента корреляции от 0,25.

Результаты выполненных расчетов отражены на графиках (рис. 8, 9).

Таким образом, достоверные отрицательные корреляции с индексами прироста были обнаружены для среднемесячных температур июня текущего года (коэффициент корреляции $-0,40$) и среднемесячных температур сентября прошлого года (коэффициент корреляции $-0,32$). Значения коэффициентов корреляции невелики и согласно шкале Чеддока свидетельствуют об умеренной тесноте связи между признаками. Можно заключить, что высокие положительные температуры июня могут оказывать отрицательное влияние на рост березы в исследуемых древостоях. Достоверных корреляций с осадками обнаружено не было.

Причины того, почему в высокобонитетных древостоях корреляционный анализ иногда оказывается неэффективным для решения упомянутых задач, были рассмотрены В.А. Липаткиным, Д.Е. Румянцевым и соавторами [7]. Отсутствие корреляционной связи между колебаниями прироста и колебаниями метеопараметров еще не говорит об отсутствии влияния климатических факторов на прирост стволовой древесины березы.

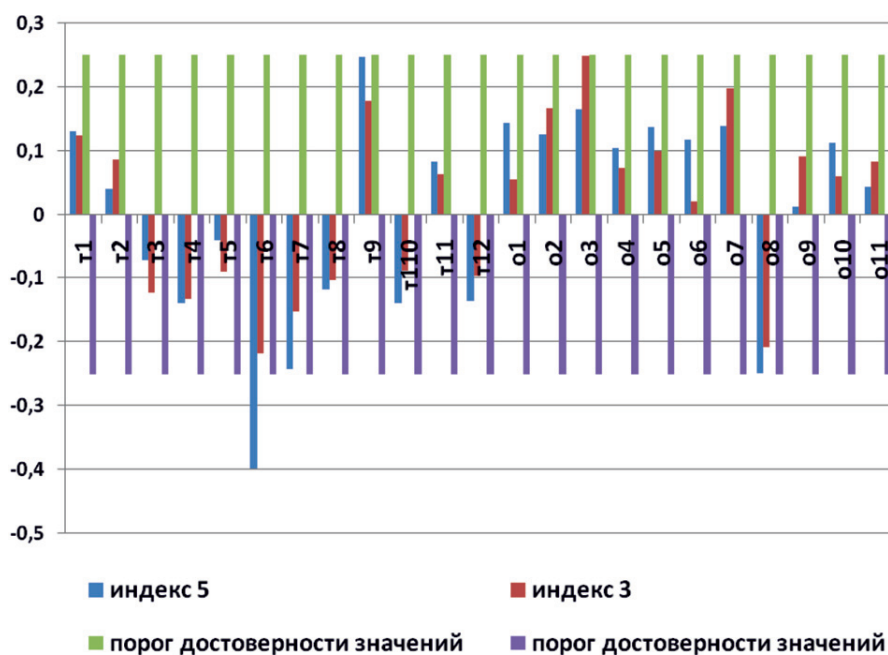


Рис. 8. Значения коэффициентов корреляции между индексами прироста и метеопараметрами текущего года

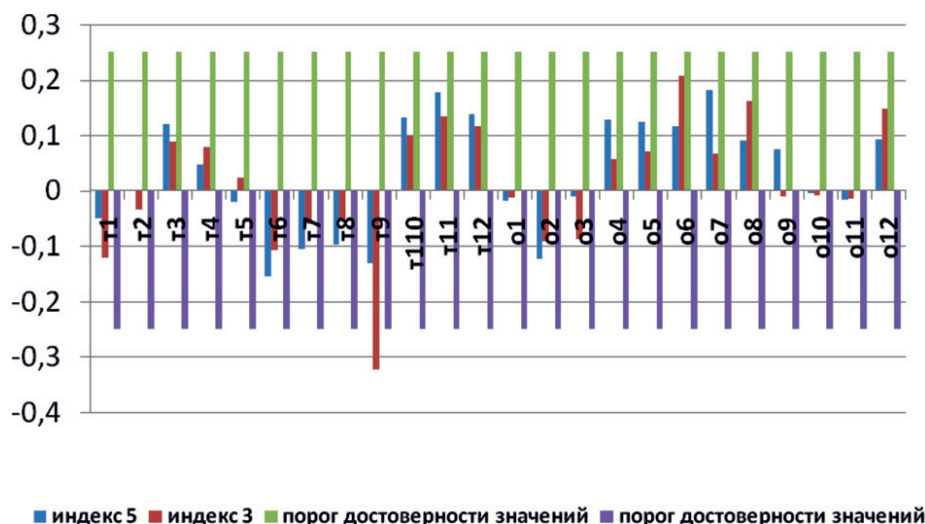


Рис. 9. Значения коэффициентов корреляции между индексами прироста и метеопараметрами прошлого года

Могут иметь место эффекты аддитивности, антагонизма и синергизма в действии климатических факторов. Поэтому с точки зрения классических представлений в экологии полученные нами результаты следует объяснять тем, что насаждение находится в условиях, близких к оптимальным. Сильные отклонения от величины доз экологических (климатических) факторов как в большую, так и в меньшую сторону отрицательно сказываются на продуктивности березы.

Наличие одинаковой реакции прироста на разнонаправленные экстремальные отклонения дозы факторов от среднего, в совокупности со сменой лимитирующего фактора, от года к году снижает, таким образом, познавательную ценность процедуры корреляционного анализа. В дополнение к нему может использоваться разработанный на основе методологии работ Н.В. Ловелиуса [1] такой методический прием, как анализ климаграмм.

Согласно с этим методом выделяются годы экстремально высокого или годы экстремально низкого прироста. Рассчитываются средние показатели метеопараметров для этих лет. Далее сопоставляются средние значения метеопараметров для этих групп и среднемноголетних данных. Если метеофактор не влияет на прирост, то среднее значение метеопараметров для двух рассматриваемых групп совпадут. Если метеопараметр влияет на прирост, то зна-

чения средних для двух групп будут существенно образом отличаться. Чем больше будет величина этих отличий, тем сильнее влияние фактора на прирост.

Такого рода сопоставление позволяет выявить экологические факторы, могущие выступать в качестве лимитирующих, высокую продуктивность и хорошее состояние древесных растений.

Анализируя графики (рис. 5, 6), можно выделить ярко выраженные годы минимумов прироста, повторяющиеся у большинства учетных деревьев на пробных площадях. К ним относятся 1951, 1953, 1956, 1958, 1960, 1964, 1973, 1981, 1989, 1995, 2007, 2012. Сопоставление средних показателей для рассматриваемых групп лет приведено на графиках на рис. 10 и 11.

Анализ климаграмм позволяет сделать вывод, что отрицательное влияние на рост и состояние деревьев березы в исследуемом насаждении могут оказывать пониженные суммы осадков в июне и июле, а также повышенные температуры воздуха в июне. Эти выводы корреспондируют с результатами корреляционного анализа. Водный дефицит в июне и июле является главным экологическим фактором, могущим вызывать плохой рост и состояние деревьев березы. Для улучшения состояния деревьев в посадке может быть рекомендован полив насаждений в июне и июле, в те годы когда осадков будет выпадать значительно ниже среднемноголетней нормы.

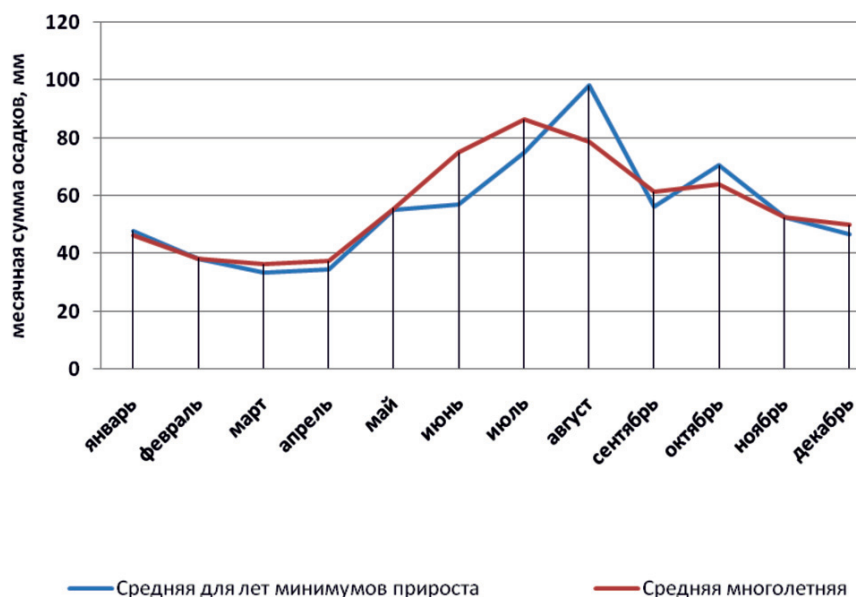


Рис. 10. Сопоставление средних значений месячных сумм осадков: среднемноголетних показателей и средних по годам минимумов прироста

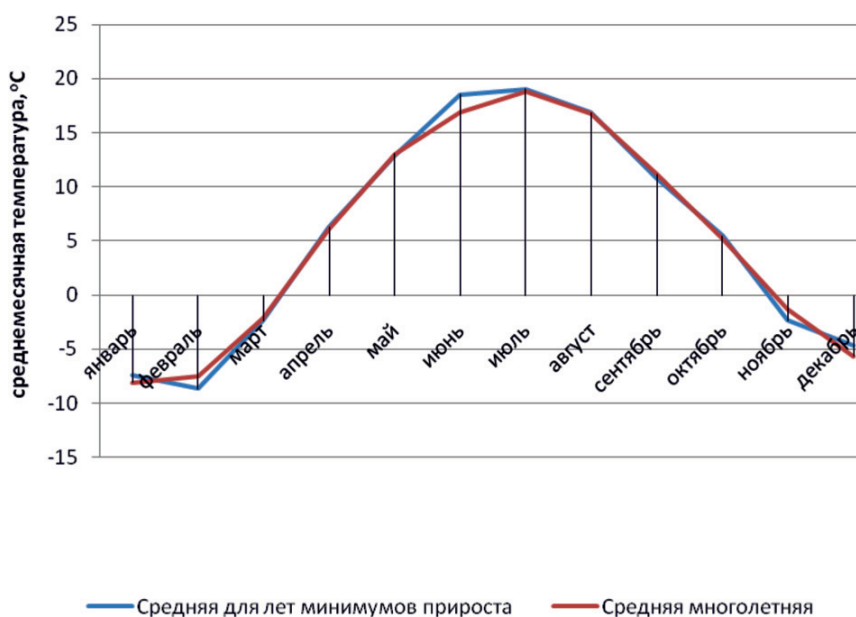


Рис. 11. Сопоставление средних значений среднемесячных температур: среднемноголетних показателей и средних по годам минимумов прироста

Заключение

На основании выполненных дендрохронологических исследований были получены следующие основные выводы:

1. Исследуемые древостои относятся к VI классу возраста.

2. Все пробные площади, несмотря на наличие отличий по флористическому со-

ставу подлеска и живого напочвенного покрова, характеризуются сходными условиями для роста и развития насаждений березы. Это делает возможным объединить дендрохронологическую информацию по всем пробным площадям в единую выборку и распространять полученные на основе ее анализа выводы на все древостои исследуемого участка.

3. Древостои находятся в благоприятных условиях роста; лимитирующие прирост факторы меняются от года к году; отсутствует какой-либо ярко выраженный неблагоприятный климатический фактор, который бы регулярно отрицательно влиял на развитие исследуемых насаждений.

4. Для улучшения состояния насаждений, стимуляции радиального прироста в целях скорейшего зарастания ран и механических повреждений стволов может быть рекомендован полив деревьев в июне и июле в те годы, когда сумма осадков за эти месяцы будет значительно ниже среднегодовых показателей по г. Москве.

Список литературы / References

1. Румянцев Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии. М.: МГУЛ, 2010. 110 с.

Rumyantsev D.E. History and methodology of forest dendrochronology. M.: MGUL, 2010. 110 p. (in Russian).

2. Зайцев Г.А. Радиальный прирост березы повислой в условиях Елецкого промышленного центра // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Экология и природопользование: прикладные аспекты». Уфа: БГПУ, 2018. С. 136–140.

Zaytsev G.A. Radial increase of birch in the conditions of the Yelets industrial center // Proceedings of the VIII International scientific and practical conference «Ecology and environmental management: applied aspects». Ufa: BGPU, 2018. P. 136–140 (in Russian).

3. Баландакин М.Э. Влияние *Inonotus Obliquus* (Pers) Pil. на радиальный прирост ствола и индекс асимметрии флукуаций фотосинтетических тканей березы повислой // Ярославский педагогический вестник. 2012. Т. 3. № 3. С. 72–85.

Balandakin M.E. Influence of *Inonotus Obliquus* (Pers) Pil. on the Radius Growth and the Index of Asymmetry of Fluctuations of Photosynthetic Tissues of *Betula Pendula* // Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2012. T. 3. № 3. P. 72–85 (in Russian).

4. Толкач О.В. Изменение годичного радиального прироста березы, дефолированной непарным шелкопрядом *Lymantria Dispar* (L.) // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11470> (дата обращения: 23.01.2019).

Tolkach O.V. Change in annual radial growth of birch, depolymerized Gypsy moth *Lymantria Dispar* (L.) // Modern problems of science and education. 2013. № 6 [Elec-

tronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11470> (date of access: 23.01.2019) (in Russian).

5. Хамидуллина М.И. Взаимосвязь годичного радиального прироста березы повислой (*Betula Pendula* Roth.) с гидротермическими условиями, предшествующими вспышке массового размножения непарного шелкопряда (*Lymantria Dispar* L.) в лесах Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2008. № 9. С. 70–71.

Khamidullina M.I. The relationship of annual radial growth of birch (*Betula Pendula* Roth.) with hydrothermal conditions preceding the outbreak of mass reproduction of unpaired silkworm (*Lymantria Dispar* L.) in the forests of the Sverdlovsk region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2008. № 9. P. 70–71 (in Russian).

6. Вахнина И.Л., Малых О.Ф. Деградация березняков бассейна реки Аргунь как показатель климатических изменений // Вестник Красноярского государственного университета. 2013. № 4. С. 122–126.

Vakhnina I.L., Malykh O.F. The Argun River Basin Birch Forest Degradation As The Climatic Change Indicator // Bulletin of Krasnoyarsk state University. 2013. № 4. P. 122–126 (in Russian).

7. Липаткин В.А., Румянцев Д.Е., Стоноженко Л.В., Коротков С.А., Крылов А.М. Выявление климатической обусловленности в колебаниях радиального прироста ели методом корреляционного анализа: обсуждение адекватности подхода и причин возникающих затруднений // Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях. Под ред. В.А. Липаткина, Д.Е. Румянцева. М.: МГУЛ, 2007. С. 113–124.

Lipatkin V.A., Rumyantsev D.E., Storozhenko L.V., Korotkov S.A., Krylov A.M. Identification of the climatic conditionality of the fluctuations in the radial growth of spruce using correlation analysis: a discussion of the adequacy of the approach and the reasons for constraints // Dendrochronological information in forestry researches. Under the editorship of V.A. Lipatkin, D.E. Rumyantsev. M.: MGUL, 2007. C. 113–124 (in Russian).

8. Румянцев Д.Е., Фролова В.А., Даньшина Т.В. Радиальный прирост березы в разных типах леса в условиях Домодедовского лесничества Московской области // Современные проблемы науки и образования. Сборник трудов конференции. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2018. С. 80–83.

Rumyantsev D.E., Frolova V.A., Danshina T.V. Birch radial growth in different types of forest in the conditions of Domodedovo forestry of the Moscow region // Modern problems of science and education. Collection of works of a conference. M.: Izdatel'skiy dom Akademii Estestvoznaniya, 2018. P. 80–83 (in Russian).

9. Рысин Л.П., Полякова Г.А., Савельева Л.И. и др. Леса Москвы. Опыт организации мониторинга. М.: ИЛ РАН, 2001. 148 с.

Rysin L.P., Polyakova G.A., Savelyev L.I., etc. Forests of Moscow. Experience in the organization of monitoring. M.: IL RAN, 2001. 148 p. (in Russian).

УДК 630*182:630*411(571.5)

**НЕКОТОРЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ СОСТОЯНИЯ
ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ****Чжан С.А., Пузанова О.А.***ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: schzan@rambler.ru*

Братск относится к городам с нарушенной экологической обстановкой и является крупным промышленным центром Восточной Сибири. Одной из самых острых экологических проблем на сегодняшний день является проблема комплексной оценки зелёных насаждений. В связи с этим увеличение площадей зелёных насаждений, а также сохранение и повышение устойчивости существующих зон лесопарков – одна из первоочередных задач урботерриторий. В статье изложены основные полученные данные по оценке состояния зелёных насаждений при ведении мирмекологического мониторинга. При проведении работ по мониторингу отбирают насаждения полностью или только с наличием обильного поселения муравьёв. На обследуемой территории определяются только характерные виды для данного объекта изучения, составляющие основу ассоциации муравьёв. Каждый вид муравьёв характеризуется устойчивой приуроченностью к определенным условиям обитания, которые наилучшим образом соответствуют их видовым потребностям и где они, в связи с их социальной структурой, могут существовать долгое время. Изменение условий обитания в связи с естественным развитием биогеоценозов или стрессовым воздействием антропогенных факторов вынуждает муравьёв покидать освоенные биотипы или они деградируют и вымирают. Муравьи играют огромную роль в процессах улучшения почвенного и водного режимов для регуляции роста и развития растений. В целом работа муравьёв приводит к успешному возобновлению древостоев и способствует повышению их устойчивости. Оценка состояния насаждений осуществлялась глазомерным способом, путём детального осмотра каждого дерева. Определение характеристики мирмекофауны в городских лесах позволяет дополнить систему биомониторинга.

Ключевые слова: зелёные насаждения, мирмекологический мониторинг, лесопатологическое обследование, лесопарки, ландшафт

**SOME MODERN APPROACHES TO THE STUDY
OF GREEN PLANTINGS CONDITION****Chzhan S.A., Puzanova O.A.***Bratsk State University, Bratsk, e-mail: schzan@rambler.ru*

Bratsk refers to cities with disturbed environmental conditions, so it is a major industrial center of Eastern Siberia. One of the most acute environmental problems today is the problem of integrated assessment of green spaces. In this regard, the increase in the area of green space, as well as the preservation and improvement of the stability of existing areas of forest parks – one of the priorities of urban areas. The article presents the main data on the assessment of the state of green spaces in the conduct of myrmecological monitoring. When carrying out works on monitoring the plantings were selected having abundant settlements of ants. In the surveyed area, only the characteristic species for this object of study, which form the basis of the Association of ants, are determined. Each ant species is characterized by a stable Association with certain living conditions that best suit their species needs and where they may exist for a long period of time due to their social structure. Changing living conditions due to the natural development of biogeocenoses or the stress of anthropogenic factors forces ants to leave the developed biotypes or they degrade and die out. Ants play a huge role in the processes of improving soil and water regimes for the regulation of plant growth and development. In general, the work of ants leads to a successful resumption of stands and contribute to their sustainability. Assessment of plantations was carried out visually, through a detailed examination of each tree. The characterization of myrmecofauna in urban forests allows to supplement the biomonitoring system.

Keywords: green plantings, myrmecological monitoring, forest pathology examination, forest parks, landscape

Состояние зелёных насаждений крупных промышленных городов играет немаловажную роль: так, они служат местом рекреационного пользования и должны выполнять оздоровительные и эстетические функции лесов. Лесопарковые зоны создают микроклимат городов. Рекреационное лесопользование объективно способствует решению целого ряда задач социального характера.

Город Братск является одним из крупнейших промышленных городов Приангарья, в котором сосредоточено: алюминиевое производство; предприятия химической

и целлюлозно-бумажной промышленности; предприятия теплоэнергетики. Основные источники загрязнения воздуха находятся очень близко друг к другу, за счет этого происходит перемешивание пылегазовых выбросов, что затрудняет определение доли участия каждого предприятия в загрязнении природной среды. Город Братск имеет сложный рельеф местности, повторяемость слабых ветров у поверхности почвы в разные месяцы года составляет 41%, это все приводит к неблагоприятным условиям для рассеивания выбросов.

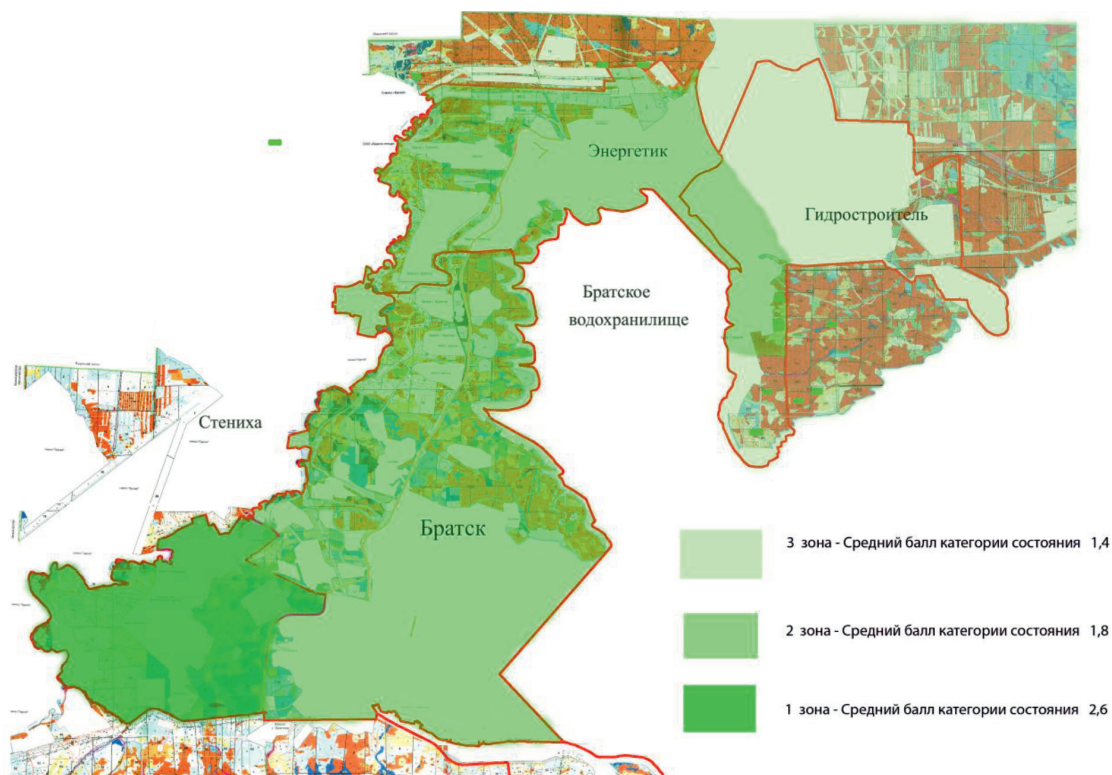


Рис. 1. Карта-схема г. Братска

При изучении состояния растительности зелёных насаждений обращали внимание на результаты многолетних наблюдений по влиянию различных токсичных газообразных веществ промышленных выбросов, которые в свою очередь оказывают существенное влияние на рост и развитие древесных пород.

Снижению эстетических качеств рекреационных лесов помимо техногенного загрязнения способствуют и представители фитопатогенов и энтомовредителей.

В настоящее время частично используют в комплексе проведения мониторинговых исследований использования муравьёв в лесных сообществах и общем экологическом мониторинге среды, которые служат индикатором состояния растительности [1, 2].

Цель исследования: проведение микрoэкологического мониторинга в лесопарковых зонах г. Братска.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Сбор информационных показателей состояния муравейников и проведение их инвентаризации.
2. Изучение состояния насаждений в биотопах, заселенных муравьями.

3. Комплексная оценка состояния зелёных насаждений.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования явились лесопарковые зоны г. Братска. Карта-схема зон влияния промышленного загрязнения (данное зонирование лесов г. Братска разработано [3] с расположением объектов исследования) приведена на рис. 1.

Инвентаризация муравейников включала в себя: определение видов муравьёв на обследуемой территории; описание насаждения, в котором находятся гнёзда.

На исследуемой территории были заложены учетные площадки, на которых производился учёт древостоев по общеизвестным методикам [4], по категориям состояния на основе шкал [5, 6].

При перечёте деревьев на учётных площадках отмечалось и патологическое изменение в состоянии [6].

Для обследования состояния насаждений были заложены пробные площади в количестве пяти штук размером 100×100 м. На каждой площади были измерены таксационные показатели у 40–100 деревьев и проведено лесопатологическое обследо-

вание. Для оценки жизнеустойчивости древостоев использовали общепринятую шкалу, с помощью которой состояние выделено 4 классами: класс 1 – древостои совершенно здоровые с признаками хорошего роста и развития. В древостоях 1 класса жизнеустойчивости нормальная лесная обстановка, хороший подрост, подлесок и живой почвенный покров, здоровых деревьев не менее 90%. Класс 2 – древостои здоровые, но с явно замедленным ростом, здоровых деревьев не менее 50%. Класс 3 – древостои с резко выраженным замедленным ростом и развитием, неустойчивые, здоровых деревьев не менее 20%. Класс 4 – древостои явно отмирающие, их невозможно оздоровить, распад древесного сообщества достиг такой степени, что лесной обстановки не чувствуется, здоровых деревьев менее 20% [7].

Обработка полученных данных проводилась статистическими методами с использованием компьютерной программы Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования проводились на территории трёх лесопарков г. Братска: 1 – расположен в жилом районе Энергетик; 2 – в жилом районе Падун; 3 – в центральной части г. Братска.

Исходя из представленных классификаций лесопарков [8], лесопарки относятся к закрытым ландшафтам, с равномерным

размещением деревьев по площади и с высокой плотностью.

Исходя из представленной шкалы состояния древостоев, растительность лесопарков можно отнести ко 2 классу жизнеустойчивости и частично к 3 классу жизнеустойчивости.

Древесная растительность не отличается высоким биоразнообразием, преобладающей породой является сосна, подрост и кустарники присутствуют. Рельеф равнинный, тропиочная сеть развита хорошо.

По результатам исследований по каждой пробной площади были определены средние таксационные показатели древостоев (табл. 1).

В целом на всех обследуемых пробных площадях преобладают разновозрастные, высокопродуктивные древостои сосны обыкновенной (*P. sylvestris*).

В табл. 2 представлена лесопатологическая оценка состояния зелёных насаждений, из которой видно, что чаще встречаются здоровые деревья. Незначительная часть имеет признаки усыхания. На некоторых пробных площадях имеется наличие деревьев с нарушенной устойчивостью к грибным патогенам, чаще всего встречаются некрозно-раковые болезни древесных пород.

Для одного из дополнительных показателей в системе биомониторинга лесов использовали изучение мирмекофауны.

Таблица 1

Средние таксационные показатели на пробных площадях

№ п/п	Состав	D, см	H, м	A, лет	бонитет	запас	полнота
1.	10С+Ос	34,9	23,2	90	2	75,9	0,6
2.	10С+Ос,Б	35,9	22,5	57	1	35,6	0,1
3.	10С	23,1	21,5	63	1	23,3	0,2
4.	10С	20,6	20,4	60	1	17,6	0,8
5.	10С	23,4	20,0	45	1	16,8	0,6

Таблица 2

Признаки повреждений зелёных насаждений

№ п/п	Количество деревьев, шт.	Признаки повреждений			Деревья, пораженные болезнями, шт.
		Здоровые, шт.	Усыхающие, шт.	Сухостойные, шт.	
1.	92	85	2	3	2
2.	41	38	2	1	0
3.	60	46	4	3	7
4.	60	60	0	0	0
5.	43	43	0	0	0

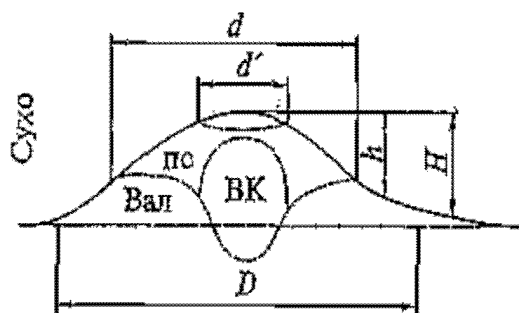


Рис. 2. Вид муравейника пробной площади 1: d – диаметр гнездового вала; D – диаметр наземного купола; d' – диаметр внутреннего конуса; h – высота купола гнезда; H – общая высота гнезда; $пс$ – покровный слой купола; $ВК$ – внутренний конус гнезда [3]

В рекреационных и деградирующих лесах с нарушенным режимом произрастания древесных растений происходит постепенная деградация комплексов муравьёв, которая выражается во фрагментации единой системы семей, обособлении гнезд, депопуляции (превышение старых деградирующих гнезд над молодыми растущими) и гибели муравейников [1].

Инвентаризация муравейников проводилась в лесопарках по следующим маршрутам: на одном объекте обследовано 5 муравейников, находящихся на разном удалении от основной тропы; на 2–3 муравейника; на 3–5 муравейников.

На рис. 2 показан муравейник с плоской формой купола с установлением его основных размеров.

В лесопарке обитает серый песчаный муравей (*Formica cinerea*). На данной пробной площади характерно расположение гнезд только вдоль тропы. Муравейники имеют небольшую площадь основания и объем. Сезонная надстройка купола слабо выражена, наблюдается зарастание гнездового вала и купола травой, вялое движение рабочих особей, что свидетельствует о деградации муравейников. На основании данных по степени зарастания гнезд травой, муравейники отнесены к 3 и 4 степени деградации.

В табл. 3 приведены размеры муравейников на территории лесопарка центральной части г. Братска.

В табл. 4 приведены размеры муравейников на территории лесопарка жилого района Падун.

В парке Падун обитает малый лесной муравей (*Formica polyctena*). Муравейники

располагаются на поляне с наличием подроста сосны и осины. Отличительной особенностью является расположение гнезд треугольником. На куполе муравейника хорошо заметна сезонная надстройка и заметное движение муравьев. По данным степени зарастания травой муравейники отнесены к 2 и 3 степени деградации.

В табл. 5 приведены размеры муравейников на территории лесопарка жилого района Энергетик.

В этом парке обитает рыжий лесной муравей (*Formica rufa*). Муравейники отличаются внушительными размерами и значительными площадью основания и объемами. Гнезда располагаются на пне, камне, чем отличаются от расположения муравейников на других пробных площадях. Наблюдается хорошо заметная сезонная надстройка с более светлой хвоей. На гнёздах большое скопление рабочих, движение их оживленное. На данной пробной площади муравейники отнесены к 1 и 2 степени деградации, так как степень зарастания купола и вала травой незначительна.

Наибольшую среднюю высоту и диаметр имеют муравейники, расположенные в парке Энергетик, это свидетельствует о том, что данные муравейники развиваются нормально, численность особей большая, наблюдается высокая охотничья активность муравьев. Следовательно, состояние древостоя парка лучше, чем в парках Падун и центральной части, так как территория парка сильнее защищена от вредителей, а также улучшено состояние почв, за счет рыхления при строительстве гнезд.

Таблица 3

Размеры муравейников на территории лесопарка центральной части г. Братска

№ гнезда	Расположение гнезда	Диаметр, м		Высота, м		Площадь Основания, м ²	Объем гнезда, м ³	Форма гнезда	Состояние гнезда	Степень зарастания травой, %	
		вала	купола	с валом	купола					вала	купола
1	Вдоль тропы	0,35	0,30	0,18	0,12	0,07	0,007	Пл	У	90	60
2	Вдоль тропы	0,43	0,30	0,13	0,03	0,07	0,007	Пл	Ор	90	70
3	На поляне	0,36	0,34	0,42	0,13	0,10	0,007	Вк(ск)	Ор	80	30
4	Вдоль тропы	0,49	0,37	0,18	0,11	0,13	0,007	Шл	Ор	90	70
5	Вдоль тропы	0,40	0,25	0,28	0,19	0,04	0,007	Шл	У	90	80

Таблица 4

Состояние муравейников в парке на набережной пос. Падун

№ гнезда	Расположение гнезда	Диаметр, м		Высота, м		Площадь Основания, м ²	Объем гнезда, м ³	Форма гнезда	Состояние гнезда	Степень зарастания травой, %	
		вала	купола	с валом	купола					вала	купола
1	На поляне	0,48	0,44	0,40	0,17	0,17	0,007	Шл	Ор	70	50
2	На поляне	0,70	0,64	0,50	0,27	0,33	0,024	Сф	Ор	60	40
3	На поляне	0,88	0,73	0,55	0,20	0,46	0,073	Шл	Р	70	30

Таблица 5

Состояние муравейников в парке жилого района Энергетик

№ гнезда	Расположение гнезда	Диаметр, м		Высота, м		Площадь Основания, м ²	Объем гнезда, м ³	Форма гнезда	Состояние гнезда	Степень зарастания травой, %	
		вала	купола	с валом	купола					вала	купола
1	Вдоль тропы	0,65	0,55	0,50	0,26	0,24	0,007	Пл	У	70	0
2	На пне	0,95	0,80	0,68	0,36	0,52	0,073	Вк(ск)	Ор	50	10
3	На камне	0,70	0,60	0,45	0,22	0,27	0,011	К	Р	40	20
4	На поляне	0,45	0,40	0,33	0,14	0,13	0,007	К	Р	10	0
5	На поляне	1,20	1,10	0,43	0,22	0,95	0,068	Сф	Ор	0	0

Выводы

По результатам работы можно отметить следующее:

1. В исследуемых лесопарках древесная растительность представлена сосной обыкновенной (*P. sylvestris*), напочвенный покров представлен травостоем средним по высоте, густоте, неоднородным (костяника (*R. saxatilis*), вейник тростниковидный (*C. arundinacea*), ветреница отогнутая (*A. reflexa*), василистник малый (*Th. minus*), фиалка одноцветковая (*V. uniflora*), вороний глаз мутовчатый (*Paris verticillata*), орляк обыкновенный (*P. aquilinum*) и др.). Лесопарки относятся к группе ландшафта закрытых пространств, с древостоями горизонтальной сомкнутости 0,6–1,0 с равным размещением деревьев.

2. Исходя из представленной шкалы состояния древостоев, растительность лесопарков можно отнести ко 2 классу жизнеустойчивости и частично к 3 классу жизнеустойчивости, так как имеется наличие деревьев до 25% с явно замедленным ростом и развитием.

3. Возраст произрастающих насаждений на территории изучаемых объектов (средневозрастные) объясняет встречаемость следующих видов муравьёв: серый песчаный муравей (*Formica cinerea*), рыжий лесной муравей (*Formica rufa*), малый лесной муравей (*Formica polyctena*).

4. По результатам инвентаризации муравейников можно сделать вывод о том, что на каждом маршруте исследования наблюдалась различная степень их деградации. Это напрямую связано с удаленностью от основного источника загрязнения (алюминиевый завод).

5. Результаты исследований по изучению мирмекофауны можно использовать в качестве одного из дополнительных показателей при проведении комплексной оценки состояния лесов.

Интегральным выражением положительной роли муравьёв в биогеоценозах является общее повышение биологической устойчивости и продуктивности леса [2].

Список литературы / References

1. Голосова М.А. Муравьи в лесных экосистемах. Морфология, экология видов, инвентаризация и картирование комплексов. Организация мирмекологического мониторинга. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 65 с.

Golosova M.A. Ants in forest ecosystems. Morphology, ecology of species, inventory and mapping of complexes. Organization myrmecological monitoring. M.: GOU VPO at MSFU, 2007. 65 p. (in Russian).

2. Захаров А.А., Длусский Г.М., Горюнов Д.Н., Гилёв А.В., Зрянин В.А., Федосеева Е.Б., Гороховская Е.А., Радченко А.Г. Мониторинг муравьев формика. Информационно-методическое пособие. М.: КМК, 2013. 99 с.

Zakharov A.A., Dlusskiy G.M., Goryunov D.N., Gilev A.V., Zryanin V.A., Fedoseeva E.B., Gorokhovskiy E.A., Radchenko A.G. Formica ants Monitoring. Information and methodological manual. M.: KMK, 2013. 99 p. (in Russian).

3. Чжан С.А. Зонирование лесных экосистем, подверженных длительному техногенезу // Вестник МГУЛ: Лесной вестник. 2012. № 1. С. 164–166.

Zhang S.A. Zoning of forest ecosystems exposed to long-term technogenesis // Vestnik MGUL: Forest Vestnik. 2012. № 1. P. 164–166 (in Russian).

4. Минаев В.Н., Леонтьев Л.Л., Ковязин В.Ф. Таксация леса: учебное пособие. СПб.: Лань, 2017. 240 с.

Minaev V.N., Leontyev L.L., Kovyazin V.F. Forest inventory: textbook. Saint-Petersburg: LAN, 2017. 240 p. (in Russian).

5. Правила санитарной безопасности в лесах Российской Федерации от 20 мая 2017 г. № 607. М., 2017. 14 с.

Rules of sanitary safety in the woods of the Russian Federation of may 20, 2017 № 607. M., 2017. 14 p. (in Russian).

6. Руководство по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий (приложение 1 к приказу Рослесхоза от 15 мая 2015 года № 159). М., 2015. 32 с.

The management on carrying out sanitary and improving actions (appendix 1 to the order of Rosleskhos of may 15, 2015. № 159). M., 2015. 32 p. (in Russian).

7. Чжан С.А., Пузанова О.А. Санитарное и лесопатологическое состояние лесов в Иркутской области // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 2 (30). С. 174–178. DOI: 10.18324/2077-5415-2016-2-174-178.

Schang S.A., Puzanova O.A. Sanitary and forest pathology condition of the forests in Irkutskaya oblast // System. Methods. Technology. 2016. № 2 (30). P. 174–178 (in Russian).

8. Агальцова В.А. Основы лесопаркового хозяйства. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 213 с.

Agaltsova V.A. The Basics of forestry. M.: GOU VPO MGUL, 2008. 213 p. (in Russian).

УДК 630*114.35/36:630*453(571.513)

**ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСА И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА
ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В КЕДРОВНИКАХ,
ПОРАЖЕННЫХ ШЕСТИЗУБЧАТЫМ КОРОЕДОМ
(УЧАСТОК «МАЛЫЙ АБАКАН» ЗАПОВЕДНИКА «ХАКАССКИЙ»)**

Шуркина В.В.

ФГБУ ГПЗ «Хакаский», Абакан, e-mail: shurkinavv@yandex.ru

В данной статье обобщены сведения о фракционном составе и запасе лесной подстилки в кедровых лесах кластерного участка «Малый Абакан» государственного природного заповедника «Хакаский», в том числе подверженных воздействию вторичного стволового вредителя – короеда шестизубчатого *Ips sexdentatus* Boern. Показаны изменения, происходящие в фракционном составе и запасе лесной подстилки при переходе от непораженных и малопораженных участков (по краю очага заражения) к «фронтальной» части очага к его эпицентру. Было выявлено, что общий запас лесной подстилки в кедровых древостоях возрастает с увеличением степени повреждения древостоя короедом – от 20–40 т/га (воздушно-сухого веса) по краю очага, поражения до 90–100 т/га в эпицентре очага. Доля активной фракции в составе лесной подстилки преобладает на всех исследуемых участках, наблюдается тенденция ее уменьшения по мере увеличения степени поражения древостоев короедом шестизубчатым – на пробных площадях непораженных и малопораженных вторичным стволовым вредителем доля активной фракции в лесной подстилке составляет 80–82 %, уменьшаясь к эпицентру очага до 65–67 %. Как в весовом, так и в процентном отношении максимальный вклад в состав лесной подстилки приходится на труху и ежегодный травяной опад, которые в сумме составляют 60–65 %. Во фронтальной части очага поражения наблюдается значительное увеличение доли хвои, а в эпицентре очага доли коры во фракционном составе лесной подстилки.

Ключевые слова: заповедник «Хакаский», короед, вторичный стволовый вредитель, вспышка размножения, лесная подстилка, запас, фракционный состав

**THE CHANGE IN STOCK AND FRACTIONAL COMPOSITION
OF FOREST FLOOR IN PINE FORESTS AFFECTED BY A BARK BEETLE
(THE CLUSTER «MALY ABAKAN» RESERVE KHAKASSKY)**

Shurkina V.V.

FGBU GPZ Khakasskiy, Abakan, e-mail: shurkinavv@yandex.ru

This article summarizes the information about the fractional composition and stock of forest litter in the cedar forests of the cluster «Maly Abakan» of the state nature reserve «Khakassky», including those exposed to the secondary stem pest – *Ips sexdentatus* Boern. The changes occurring in the fractional composition and stock of forest litter during the transition from unaffected and low-affected areas (along the edge of the focus of infection) to the «front» part of the focus of its epicenter are shown. It was found that the total stock of forest litter in cedar stands increases with the degree of damage to the forest stand by bark beetles – from 20-40 t/ha (air-dry weight) at the edge of the lesion to 90-100 t/ha in the epicenter of the lesion focus. The share of the active fraction in the composition of the forest litter prevails in all the studied areas, there is a tendency to reduce it as the degree of destruction of forest *Ips sexdentatus* Boern – toothed-on trial areas of unaffected and poorly affected secondary stem pest, the share of the active fraction in the forest litter is 80-82 % decreasing to the epicenter of the lesion focus to 65-67 %. Both in weight and percentage terms, the maximum contribution to the composition of the forest floor falls on the dust and annual grass litter, which together make up 60-65 %. In the frontal part of the lesion, there is a significant increase in the share of needles, and in the epicenter of the focus of the share of bark in the fractional composition of the forest litter.

Keywords: reserve Khakassky, bark beetle, stem secondary pest, reproduction outbreak, forest floor, stock, fractional composition

Лесная подстилка представляет собой верхний слой почвы, от нее напрямую зависят процессы почвообразования, гумифицирования, успешность и скорость лесовозобновления, она является почвенным образованием, формирующимся под пологом леса. Лесная подстилка выступает связующим звеном между растительностью и почвой, является важнейшим показателем биологического круговорота веществ, от запаса и состава её напрямую зависят процессы миграции, накопления и перераспределения химических элемен-

тов в лесной экосистеме. На современном этапе наблюдается масштабное усыхание лесов, причиной которого могут быть как антропогенные факторы локального, так и глобального масштаба. Выявление причин усыхания кедровых лесов – одна из важнейших задач, стоящих как перед отдельными регионами, так и в целом перед Российской Федерацией.

Кедровые леса Южной Сибири – уникальные и неповторимые экосистемы, выполняющие средообразующую, водоохранную, экосистемную и другие функции,

дающие быструю ответную реакцию на изменения окружающей среды, являющиеся важнейшей средообразующей породой данной территории [1].

Изучение лесной подстилки – необходимый элемент исследования лесных биогеоценозов. Запас и фракционный состав лесной подстилки может служить индикатором состояния не только почвы, но и в целом биогеоценоза, направленности изменений, происходящих в нем. Основные характеристики лесной подстилки – мощность, запас, состав и строение – определяются тремя важнейшими факторами – климатом, почвой и состоянием растительного покрова. Особенности строения и объёмы накопления лесной подстилки служат показателями гумусного состояния почв [2, 3]. Поэтому, исследуя состав лесной подстилки и ее изменения в связи со сменой состояния растительного покрова, можно говорить о процессах, происходящих в лесной экосистеме – направленности и скорости таких изменений.

На современном этапе в ряде исследований указывается, что под влиянием антропогенных факторов – пожаров, вырубок, рекреации, воздействия вредителей и т.д. изменяется ряд показателей лесной подстилки [2–4]. При этом очень информативным является изменение не столько общего запаса лесной подстилки, сколько соотношение ряда фракций в ее составе. При воздействии как антропогенных, так и природных факторов изменения могут носить разноплановый характер – увеличивается либо уменьшается доля той или иной фракции, изменяется соотношение активной и неактивной фракций в лесной подстилке, наблюдаются изменения в общем запасе и т.д. Поэтому вопросы изучения лесных подстилок, их трансформация под воздействием антропогенных факторов остается актуальным направлением исследований.

Цель исследования: выявить изменения, происходящие в запасе и фракционном составе лесной подстилки кедровых лесов кластерного участка «Малый Абакан» государственного природного заповедника «Хакасский» под воздействием вторичного стволового вредителя короеда шестизубчатого *Ips sexdentatus* (Borner, 1776).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись кедровые леса кластерного участка «Малый Абакан» государственного природного заповедника «Хакасский».

Территории пробных площадей характеризуются произрастанием сосны сибирской (*Pinus sibirica*) с примесью ели, а также встречаются пихта и береза. Средний возраст кедров 200–250 лет, средняя высота 24–26 м, средний диаметр 34–38 см. Преобладающий тип леса – хвощево-вениково-зеленомошный. Полнота до поражения короедом – 0,6–0,7. Подрост на непораженных участках состоит в основном из кедров и пихты, высотой до 2 м, благонадежный. Подлесок представлен смородиной черной и красной, спиреей, рябиной, жимолостью, степень развития подлеска средняя. Травяной покров представлен в основном вейником, брусникой, осокой Ильина, мхом. Склон – северо-западный. Почвы перегнойно-таежные, оторфованные, легкосуглинистые, средне- и маломощные.

За период проведения исследований на территории кластерного участка «Малый Абакан» было заложено шесть пробных площадей, выбранных по признаку степени и давности повреждения: две пробных площади в центральной части очага с большим числом усохших и усыхающих деревьев – эпицентр очага поражения (доля усохших и усыхающих деревьев составляет 80–100%), две пробных площади во фронтальной части очага с интенсивным действующим усыханием (доля усохших и усыхающих деревьев составляет 60–70%) и две пробных площади на краю распространения очага с единичными повреждаемыми деревьями [5–6].

Лесная подстилка на каждой пробной площади собиралась с площадок учета размером 0,25 м×0,25 м в трехкратной повторности в августе 2018 г. Площадки учета располагались на расстоянии от стволов деревьев не менее 1 м. При закладывании площадок учета выбирали места с отсутствием видимых следов жизнедеятельности животных (норы, рытвины и т.п.) и иных факторов, которые могли бы повлиять на изменение общего запаса и состава лесной подстилки. Собранная лесная подстилка укладывалась в специально подготовленные мешочки. В камеральных условиях лесную подстилку высушивали до воздушно-сухого веса, разбирали на фракции – активная фракция (хвоя, листья, травяной опад, мелкие ветви, труха) и неактивная (шишки, кора, крупные ветви), массу каждой фракции определяли на лабораторных весах.

Результаты исследования и их обсуждение

Лесная подстилка на исследуемых участках кластерного участка «Малый Абакан»

государственного природного заповедника «Хакасский» не являлась однородной, при возрастании степени поражения лесного участка вторичным стволовым вредителем – короедом шестизубчатым в лесной подстилке повышалась доля крупных ветвей и коры. Как в отдельных пробах, так и в средних показателях, общий запас лесной подстилки возрастал по мере увеличения степени поражения лесной экосистемы короедом шестизубчатым, причем возрастание наблюдается значительное – в 2,5–3 раза (рис. 1). Наибольшее увеличение общего запаса наблюдалось на исследуемых площадях в районе кордона Откыл, что связано с массивным опадом частей древостоя вследствие его значительного поражения данным вредителем. На всех исследуемых пробных площадях во фронтальной части и в эпицентре очага поражения в лесной подстилке визуально наблюдалось наличие значительного количества коры, крупных и мелких ветвей. На этих участках короед активно нападает не только на ослабленные деревья, но и поражает жизнеспособный древостой – деревья с зеленой хвоей, без внешних признаков ослабления.

Анализ фракционного состава лесной подстилки показал, что активная фракция

в ее составе преобладает на всех исследуемых участках и составляет более 65 %. Доля активной фракции уменьшается по мере увеличения степени поражения древостоев короедом шестизубчатым. На пробных площадях, расположенных по краю очага, доля активной фракции в лесной подстилке составляет 80–82 %, во фронтальной части очага эта доля уменьшается до 74–75 %, а в эпицентре очага составляет 65–67 % (рис. 2).

Высокий процент содержания активной фракции в лесной подстилке свидетельствует о высокой степени ее гумификации, что говорит о благоприятных условиях образования подстилки. Даже в очаге поражения короедом шестизубчатым доля активной фракции остается высокой, все фракции в ее составе представлены, хотя и наблюдается изменение в соотношении запаса по фракциям, с явным увеличением коры как по весу, так и в процентном отношении.

Нашими исследованиями было выявлено, что основным материалом, слагающим лесную подстилку на территории изученных пробных площадей кластерного участка «Малый Абакан», являются труха и ежегодный травяной опад, составляя в сумме 60–65 % в массе подстилки.

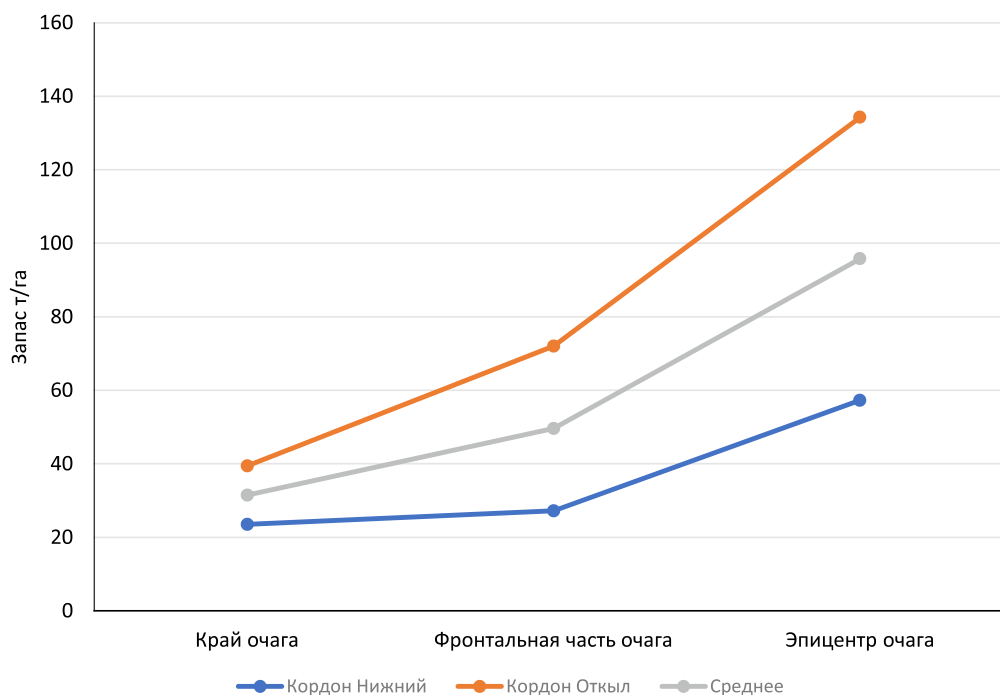


Рис. 1. Изменение общего запаса лесной подстилки (т/га воздушно-сухого веса) в зависимости от степени поражения древостоев короедом шестизубчатым

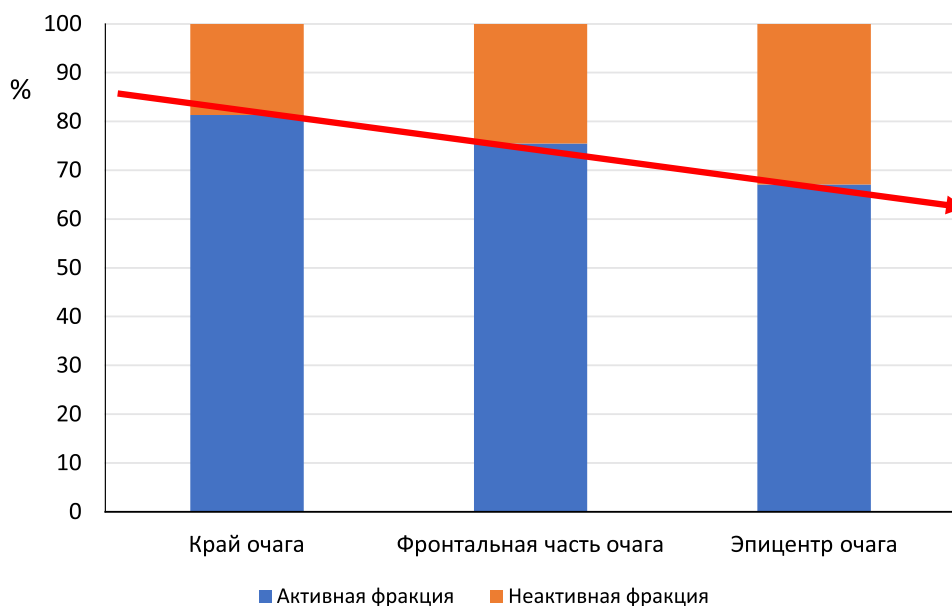


Рис. 2. Соотношение доли активной и неактивной фракций лесной подстилки в зависимости от степени поражения древостоя короедом шестизубчатым

Доля практически разложившихся остатков лесной подстилки (фракция – «труха») является достаточно стабильным показателем и варьирует незначительно, составляя на пробных площадях, расположенных по краю очага, 47–54% от общего запаса лесной подстилки, во фронтальной части очага поражения – 43–49%, в эпицентре очага – 35–50%. В среднем доля трухи составляет в эпицентре и фронтальной части очага поражения короедом шестизубчатым 48–50%, увеличиваясь до 52% по краю очага от общего запаса лесной подстилки.

Доля хвои по краю очага и в эпицентре поражения в среднем составляет 2–3% от общего запаса лесной подстилки, значительно увеличиваясь во фронтальной части поражения, и достигает 5–7%. Такое увеличение доли хвои (в 2,2 раза) в лесной подстилке во фронтальной части очага объективно объяснимо и закономерно, так как именно в этой зоне происходит максимальное пожелтение, отмирание и опадание хвои с пораженных древостоев, тогда как по краю очага поражены короедом шестизубчатым только единичные древостои и массового отмирания хвои не происходит. А в эпицентре очага хвоя в лесной подстилке поступает незначительно в связи с тем, что древостои на данных участках представлены в основном уже оголенными сухостоями, с опавшей ранее хвоей.

При этом в эпицентре очага значительно увеличивается поступление коры в лесную подстилку в связи с постепенным полным отмиранием и разрушением древостоев, доля коры на таких участках увеличивается в 2,5–4,2 раза по сравнению с краем и фронтальной частью очага поражения. Так, доля коры по краю очага и в его фронтальной части составляет от 6 до 10% от общего запаса лесной подстилки, а в эпицентре очага поражения доля коры во фракционном составе лесной подстилки составляет 25–27% от общего запаса (рис. 3).

Таким образом, анализ фракционного запаса лесной подстилки на пробных площадях, пораженных в различной степени вторичным стволовым вредителем короедом шестизубчатым, показал, что во фронтальной части очага поражения (на участках, где доля поврежденного древостоя составляет 60–70%) наблюдается резкое увеличение (более чем в 2 раза) во фракционном составе лесной подстилки хвои, в связи с ее массовым опадом и поступлением на поверхность почвы. В эпицентре очага поражения (на участках, где доля поврежденного древостоя составляет 80–100%) наблюдается резкое увеличение доли коры во фракционном составе лесной подстилки, в связи с ее массовым опадом и поступлением на поверхность почвы.

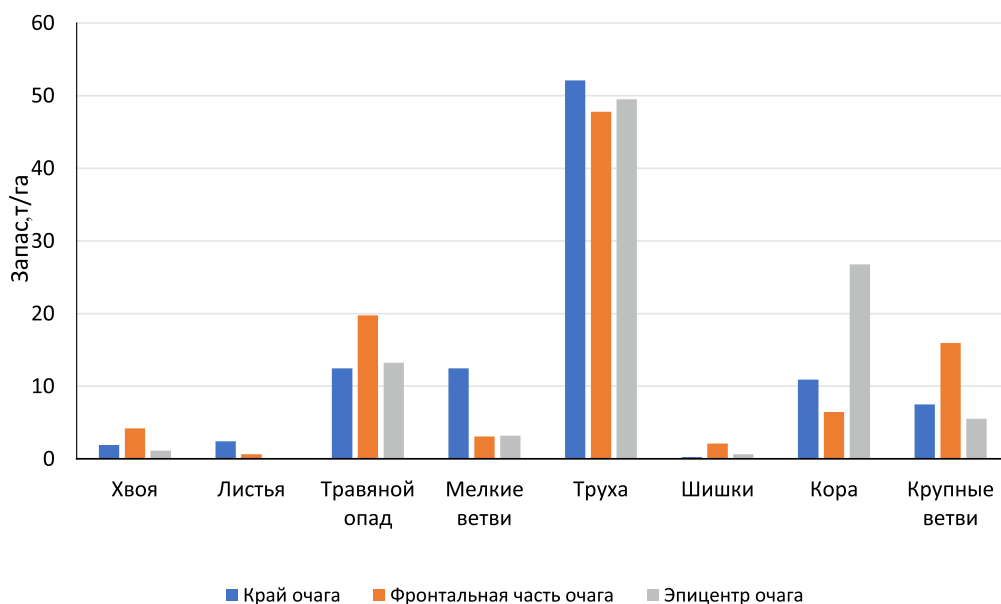


Рис. 3. Фракционный состав лесной подстилки в зависимости от степени поражения древостоев короедом шестизубчатым

Выводы

При изучении лесной подстилки кластерного участка «Малый Абакан» государственного природного заповедника «Хакасский» было установлено:

1. Общий запас лесной подстилки в кедровых древостоях, не пораженных и малопораженных вторичным стволовым вредителем короедом шестизубчатым, колеблется от 20 до 40 т/га. Во фронтальной части очага общий запас лесной подстилки возрастает до 45–50 т/га, а в эпицентре очага достигает 90–100 т/га воздушно-сухого веса.

2. Доля активной фракции в составе лесной подстилки преобладает на всех исследуемых участках, наблюдается тенденция ее уменьшения по мере увеличения степени поражения древостоев короедом шестизубчатым. На пробных площадях, расположенных по краю очага, доля активной фракции в лесной подстилке составляет 80–82%, во фронтальной части очага эта доля уменьшается до 74–75%, а в эпицентре очага составляет 65–67%.

3. Как в весовом, так и в процентном отношении максимальный вклад в состав лесной подстилки приходится на труху и ежегодный травяной опад, которые в сумме составляют 60–65%.

4. Во фронтальной части очага поражения вторичным стволовым вредителем – короедом шестизубчатым наблюдается значи-

тельное увеличение доли хвои – в 2–2,5 раза от общего запаса лесной подстилки.

5. В эпицентре очага поражения вторичным стволовым вредителем – короедом шестизубчатым наблюдается увеличение доли коры во фракционном составе лесной подстилки в 3–4 раза.

Полученные научные данные могут стать объективной основой для оценки современного состояния лесных экосистем, пораженных вторичным стволовым вредителем – короедом шестизубчатым, не только на территории Государственного природного заповедника «Хакасский», но и на сопредельных территориях, а также могут использоваться для прогнозирования направления и скорости развития процессов заселения древостоев короедом. На сопредельной территории (лесной фонд Республики Хакасия) полученные результаты могут быть использованы для организации и ведения лесного хозяйства, для разработки и проведения мероприятий, направленных на неистощимость лесных ресурсов, сохранение биоразнообразия лесов и их основных средообразующих функций.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-44-190004 p_a «Оценка состояния кедровых лесов республики Хакасия в месте локализации вспышки размножения вторичного стволового вредителя короеда шестизубчатого (на примере урочища «Малый Абакан» заповедника «Хакасский»).

Список литературы / References

1. Грибков А.В., Щур А.В., Кузменкин Д.В. Кедровые леса Алтая под угрозой: проблемы охраны и использования, рекомендации по устойчивому лесоуправлению / Под общ. ред. Н.М. Шматкова. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 64 с.
Gribkov A.V., Shchur A.V., Kuzminki D.V. Altai Cedar forests under threat: problems of protection and use, recommendations for sustainable forest management / the General editorship of N.M. Shmatkov. M.: WWF, 2014. 64 p. (in Russian).
2. Карпачевский Л.О. Лес и почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.
Karpachevsky L.O. Forest and soils. M.: Forest industry, 1981. 264 p. (in Russian).
3. Богатырев Л.Г., Смагин А.В., Акишина М.М., Витязев В.Г. Географические аспекты функционирования лесных подстилок // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2013. № 1. С. 30–36.
Bogatyrev L.G., Smagin A.V., Akishina M.M., Vityazev V.G. Geographical aspects of forest litter functioning // Bulletin of Moscow University. Series 17: Soil Science. 2013. № 1. P. 30–36 (in Russian).
4. Волков А.Г. Лесная подстилка в парцеллах ельников северной подзоны тайги // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 2. С. 63–39.
Volkov A.G. The Forest Litter in Spruce Formation in the Northern Subzone of Taiga // Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry Journal). 2015. № 2. P. 63–39 (in Russian).
5. Исаева И.Л. Промежуточные итоги мониторинговых исследований вспышки массового размножения короеда шестизубчатого *Ips sexdentatus* Boern. в условиях высокогорной кедровой тайги (участок «Малый Абакан» заповедника «Хакасский») // Научные исследования в заповедниках и национальных парках Южной Сибири / Отв. ред. Непомнящий В.В. Новосибирск: изд. СО РАН, 2017 г. Вып. 7. С. 10–16.
Isayeva I. L. Interim results of monitoring studies of the outbreak of mass reproduction of *Ips sexdentatus* Boern. in conditions of high-mountain cedar taiga («MalyAbakan» section of reserve Khakassky) // Scientific research in reserves and national parks of southern Siberia / resp. ed. Nepomnyashchy V.V. Novosibirsk: izd. SO RAN, 2017 Issue. 7. P. 10–16 (in Russian).
6. Исаева И.Л. Мониторинг вспышки размножения короеда шестизубчатого – *Ips sexdentatus* Boern. на сосне сибирской (участок «Малый Абакан» заповедника «Хакасский») // Успехи современного естествознания. 2018. № 12–1. С. 50–56.
Isayeva I.L. Monitoring outbreaks of *Ips sexdentatus* Boern. in the pinus sibirica («Maly Abakan» cluster reserve Khakassky) // Advances in current natural sciences. 2018. № 12–1. P. 50–56 (in Russian).

УДК 504.5

**МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТЕРРИТОРИИ
АТЫРАУСКОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА****Есенаманова М.С., Дюсупов Е.Е., Есенаманова Ж.С., Тлепбергенова А.Е.,
Дюсекенова А.Е., Темирбеков Т.Т.***Атырауский государственный университет имени Халела Досмухамедова, Атырау,
e-mail: kense@atgu.kz*

В статье представлены результаты производственного мониторинга окружающей среды ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Согласно производственному экологическому контролю осуществлялись подфакельные наблюдения за качеством атмосферного воздуха на расстоянии 2, 3, 4 км от основных источников; ежедневные наблюдения за качеством воздуха в районе полей испарения левобережной части г. Атырау; мониторинг атмосферного воздуха на полигоне и на самом объекте поля испарения левобережной части г. Атырау. Замеры загрязнения атмосферного воздуха выполнены газоанализатором ГАНК-4АР, предназначенным для непрерывного автоматического измерения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны. Исследования проводились в Атырауском филиале ТОО «Республиканский научно-исследовательский центр охраны атмосферного воздуха». С северной части отбор производился возле переходного моста в районе следственного изолятора, в районе стрельбища, 1 км южнее стрельбища; с южной части – район водозабора, центральных ворот «Парк Победы», протоки Мостовой и автомобильной дороги на аэропорт; с восточной стороны – район западной охраны поселка Курсай, конечной остановки поселка Ширина, побережья речного порта. Исследования загрязняющих веществ в воздухе в пределах районов ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод» показали, что в декабре 2018 г. превышения ПДК по контролируемым ингредиентам не зафиксированы. По результатам производственного экологического мониторинга окружающей среды на объектах и территории санитарно-защитной зоны ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», выполненный в соответствии с производственным экологическим контролем, за исследуемый период, установлено соответствие концентрации всех наблюдаемых показателей воздуха установленным нормативам ПДК гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, утвержденные приказом министра национальной экономики № 168 от 28.02.2015 г.

Ключевые слова: производственный мониторинг, атмосферный воздух, загрязняющие вещества, нефтеперерабатывающий завод

MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR OF AREA OF ATYRAU REFINERY**Esenamanova M.S., Dyusupov E.E., Esenamanova Zh.S., Tlepbergenova A.E.,
Dyusekenova A.E., Temirbekov T.T.***Kh. Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, e-mail: kense@atgu.kz*

The article presents the results of the production monitoring of the environment of Atyrau Refinery LLP. According to the industrial environmental monitoring, sub-flare observations of the quality of atmospheric air at a distance of 2, 3, 4 km from the main sources were carried out; daily monitoring of air quality in the area of evaporation fields of the left-bank part of Atyrau; monitoring of atmospheric air at the landfill and at the very object of the evaporation field of the left-bank part of Atyrau. Measurements of air pollution are made by the Gas analyzer GANK-4AR intended for continuous automatic measurement of the concentrations of pollutants in the atmospheric air and in the air of the working area. The studies were conducted in the Atyrau branch of the Republican Scientific Research Center for Atmospheric Air Protection LLP. From the northern part, the selection was made near the transition bridge in the area of the detention facility, in the area of the shooting range, 1 km south of the shooting range; from the southern part of the water intake area, the central gate «Victory Park», the channels of the Bridge and highway to the airport; on the east side, the area of western protection of the village of Kursai, the terminus of the village of Width, the coast of the river port. Investigations of pollutants in the air within the areas of Atyrau Refinery LLP showed that in December 2018 the MPCs for controlled ingredients were not exceeded. According to the results of industrial environmental monitoring of the facilities and the territory of the sanitary protection zone of Atyrau Refinery LLP, performed in accordance with industrial environmental monitoring, over the study period, it was established that all observed air concentrations are in compliance with the established standards for hygienic standards for ambient air in urban and rural settlements, approved by order of the Minister of National Economy No. 168 of 02/28/2015.

Keywords: production monitoring, air, pollutants, oil refinery

Промышленная площадка ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод» (АНПЗ) расположена на юго-восточной окраине г. Атырау, в промышленной зоне на левом берегу р. Урал. С северо-восточной стороны предприятие граничит с производственными площадками химического завода и районной теплоэлектроцентралью (ТЭЦ). С северо-за-

падной стороны, за автомагистралью, проходящей вдоль территории завода, находится жилой поселок и административное здание объектов противопожарной службы завода. К северу-востоку в 3 км от завода расположены поля испарения для сброса нормативно-очищенных сточных вод. Полигон для захоронения твердых промышленных отходов

АНПЗ находится на расстоянии 8 км к северо-востоку от завода и в 4 км от р. Урал [1]. Проведение мониторинга атмосферного воздуха является обязательным условием специального природопользования, как одной из мер повышения эффективности экологических работ, определяет ответственность предприятия по загрязнению окружающей среды, позволяет определить наиболее вредные факторы влияния на окружающую среду от выбросов конкретного предприятия, а также является основой для оценки действенности мер, направленных на предотвращение загрязнения окружающей среды.

Цель исследования: проведение производственного мониторинга атмосферного воздуха ТОО «АНПЗ».

Материалы и методы исследования

При наблюдении за уровнем загрязнения атмосферы использовался разовый режим отбора проб с продолжительностью отбора – 20 мин на высоте 1,5–2,0 м, согласно ГОСТ 17.2.3.01-86, ГОСТ 17.2.6.02-85, СТ РК 2036-2010 [2].

Отбор проб подфакельных наблюдений за качеством атмосферного воздуха на расстоянии 2, 3, 4 км от основных источников

проводился в зависимости от направления ветра в трех точках с подветренной стороны, согласно утвержденному заказчиком перечню мест отбора на расстоянии – 2 км, 3 км и 4 км от загрязнителей. Ежедневные наблюдения качества воздуха в районе полей испарения левобережной части г. Атырау КНС проводились по следующим ингредиентам: углеводороды C_1 - C_5 , C_6 - C_{10} , C_{12} - C_{19} , сероводород [3].

Замеры загрязнения атмосферного воздуха выполнены газоанализатором ГАНК-4АР, предназначенным для непрерывного автоматического измерения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны [4]. Исследования проводились в Атырауском филиале «Республиканский научно-исследовательский центр охраны атмосферного воздуха».

Результаты исследования и их обсуждение

В декабре 2018 г. ежедекадные подфакельные наблюдения проводились – 08.12; 18.12; 27.12.2018 г. Координаты точек отбора и анализа проб атмосферного воздуха на СЗЗ ТОО «АНПЗ» по направлению ветра с востока приведены в табл. 1 (рис. 1).

Таблица 1

Место отбора и анализа атмосферного воздуха на СЗЗ предприятия

№	Северное направление ветра		Юго-восточное направление ветра		Восточное направление ветра	
	Север	Восток	Север	Восток	Север	Восток
Точка 1	47°04'14,4"	51°56'32,2"	47°05'21,6"	51°54'02,6"	47°04'27,9"	51°53'18,5"
Точка 2	47°03'50,5"	51°57'37,7"	47°05'36,7"	51°53'10,2"	47°03'47,4"	51°52'14,9"
Точка 3	47°03'39,1"	51°58'26,5"	47°06'17,4"	51°52'27,1"	47°04'01,4"	51°52'00,7"



Рис. 1. Место отбора и анализа атмосферного воздуха на СЗЗ ТОО «АНПЗ»

Средние значения результатов подфакельных наблюдений по точкам отбора за декабрь 2018 г. представлены в табл. 2 [5].

Анализ результатов подфакельных наблюдений концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе СЗЗ ТОО «АНПЗ» показал, что в декабре 2018 г.

превышения ПДК по контролируемым ингредиентам не зафиксированы.

Результаты ежеквартальных наблюдений атмосферного воздуха и на самом объекте полигона ТБО и полей испарения левобережной части г. Атырау за 4 квартал 2018 г. приведены в табл. 3 [5].



Рис. 2. Исследование загрязнения атмосферного воздуха

Таблица 2

Средние значения результатов подфакельных наблюдений по точкам отбора за июнь 2018 г.

№	Расстояние от точки отбора до ТОО «АНПЗ», км	Наименования определяемых ингредиентов, мг/м³											
		Диоксид азота	Сероводород	Сернистый ангидрид	Углерода оксид	Углеводороды C ₁ -C ₅	Углеводороды C ₆ -C ₁₀	Бензол	Толуол	Ксилол	Взвешенные вещества	Сажа	Углеводороды C ₁₂ -C ₁₉
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
декабрь 2018 г.													
т. 1	2	0,025	<0,004	0,028	1,656	28,0	<30	<0,5	<0,1	<0,3	0,085	<0,025	0,671
т. 2	3	0,022	<0,004	0,027	1,543	27,7	<30	<0,5	<0,1	<0,3	0,078	0,027	0,668
т. 3	4	0,024	<0,004	0,030	1,427	27,0	<30	<0,5	<0,1	<0,3	0,079	<0,025	0,610

Таблица 3

Результаты ежеквартальных наблюдений атмосферного воздуха и на самом объекте полигона ТБО, и полей испарения левобережной части г. Атырау за 4 квартал 2018 г.

Места взятия проб	Перечень определяемых показателей	Содержание, мг/м ³	Нормативы предельно допустимой концентрации, мг/м ³	Уровень превышения ПДК
(Фон) Поля испарения левобережной части г. Атырау	NO ₂	<0,021	0,2	нет превышения
	H ₂ S	<0,004	0,008	нет превышения
	SO ₂	<0,025	0,5	нет превышения
	CO	<1,5	5,0	нет превышения
	Углеводороды C ₁ -C ₅	<25	ОБУВ 50	нет превышения
	Углеводороды C ₆ -C ₁₀	<30	ОБУВ 30	нет превышения
	Углеводороды C ₁₂ -C ₁₉	0,620	1,0	нет превышения
	Сажа	<0,025	0,15	нет превышения
	Бензол	<0,05	0,3	нет превышения
	Толуол	<0,3	0,6	нет превышения
	Ксилол	<0,1	0,2	нет превышения
	Взвешенные вещества	<0,075	0,5	нет превышения
Поля испарения левобережной части г. Атырау (подветренная сторона)	NO ₂	<0,020	0,2	нет превышения
	H ₂ S	<0,004	0,008	нет превышения
	SO ₂	<0,025	0,5	нет превышения
	CO	<1,5	5,0	нет превышения
	Углеводороды C ₁ -C ₅	<25	ОБУВ 50	нет превышения
	Углеводороды C ₆ -C ₁₀	<30	ОБУВ 30	нет превышения
	Углеводороды C ₁₂ -C ₁₉	0,656	1,0	нет превышения
	Сажа	0,032	0,15	нет превышения
	Бензол	<0,05	0,3	нет превышения
	Толуол	<0,3	0,6	нет превышения
	Ксилол	<0,1	0,2	нет превышения
	Взвешенные вещества	<0,075	0,5	нет превышения
(Фон) Полигон твердых промышленных отходов	NO ₂	<0,020	0,2	нет превышения
	H ₂ S	<0,004	0,008	нет превышения
	SO ₂	<0,025	0,5	нет превышения
	CO	<1,5	5,0	нет превышения
	Углеводороды C ₁ -C ₅	<25	ОБУВ 50	нет превышения
	Углеводороды C ₆ -C ₁₀	<30	ОБУВ 30	нет превышения
	Углеводороды C ₁₂ -C ₁₉	<0,5	1,0	нет превышения
	Сажа	<0,025	0,15	нет превышения
	Бензол	<0,05	0,3	нет превышения
	Толуол	<0,3	0,6	нет превышения
	Ксилол	<0,1	0,2	нет превышения
	Взвешенные вещества	<0,075	0,5	нет превышения
	Метан	<25	ОБУВ 50	нет превышения
	Аммиак	<0,02	0,2	нет превышения
	Трихлорметан	<0,015	0,1	нет превышения
	Хлорбензол	<0,050	0,1	нет превышения

Данные ежеквартальных наблюдений атмосферного воздуха на объектах ТОО «АНПЗ», отобранных на самом объекте полигона ТБО и полей испарения левобережной части г. Атырау в 4-ом квартале 2018 г., свидетельствуют об отсутствии превышений ПДК по контролируемым ингредиентам [6].

Выводы

По результатам производственного экологического мониторинга окружающей среды на объектах и территории санитарно-защитной зоны ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», выполненный в соответствии с ПЭК, за исследуемый период (4 квартал 2018 г.), установлено соответствие концентрации всех наблюдаемых показателей воздуха установленным нормативам ПДК_{мр} гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, утвержденные приказом министра национальной экономики № 168 от 28.02.2015 г.

Список литературы / References

1. ГОСТ 17.2.4.02 – 81. «Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ в воздухе населенных мест». 1981. 15 с.
2. Нуртекешова Г.К. Исследование состояния потенциалов и выявление тенденций развития промышленности Атырауской области Республики Казахстан: теория и практика // Вестник АГТУ. Сер.: Экономика. 2011. № 1. С. 107–112 [Электронный ресурс]. URL: http://vestnik.astu.org/Content/UserImages/file/economics_1_2011/21.pdf (дата обращения: 17.02.2019).
3. Ищанова Н.Е. Эколого-генетическая оценка состояния экосистем нефтепромыслов Жылыойского района Атырауской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Алматы, 2000. 30 с.
4. Iskhanova N.E. Ecological and genetic assessment of the ecosystems of oil fields in Zhylyoi region of Atyrau region: Author. dis. ... Candidate of Biology. Almaty, 2000. 30 p. (in Russian).
5. Мовчан В.Н., Амонуллоев О.Х. Сравнительная оценка экологической ситуации в Приаралье и Прикаспии (Казахстан) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3–4. С. 623–626.
6. Movchan V.N., Amonullov O.Kh. Comparative assessment of the environmental situation in the Aral Sea region and the Caspian Sea (Kazakhstan) // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. № 3–4. P. 623–626 (in Russian).
7. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. РГП «Казгидромет». Выпуск № 3 (2017). Март 2017. 180 с. [Электронный ресурс]. URL: http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/byulleten_rk_2017_03_mart_russ_.pdf (дата обращения: 17.02.2019).
8. Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan. Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, RSE «Kazhydromet». Issue number 3 (2017). March 2017. 180 p. [Electronic resource]. URL: http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/byulleten_rk_2017_03_mart_russ_.pdf (date of access: 17.02.2019).
9. Оценка воздействия на окружающую среду по корректировке проекта «Строительство комплекса глубокой переработки нефти на Атырауском НПЗ». ТОО «Инжиниринговая компания Казгипронефтьтранс». Алматы. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://kn.lib-i.ru/27tehnikeskie/1575-1-too-atiraukiy-neftepererabativayuschiy-zavod-netehnikeskoe-rezyume-ocenka-vozdeystviya-okruzhayuschuyu-sr.php> (дата обращения: 17.02.2019).
10. Environmental impact assessment on the adjustment of the project «Construction of a deep oil refining complex at the Atyrau Refinery». Engineering Company Kazgipronefttrans LLP. Almaty 2017 [Electronic resource]. URL: <http://kn.lib-i.ru/27tehnikeskie/1575-1-too-atiraukiy-neftepererabativayuschiy-zavod-netehnikeskoe-rezyume-ocenka-vozdeystviya-okruzhayuschuyu-sr.php> (date of access: 17.02.2019) (in Russian).

УДК 556.565:556.561

О ПРИМЕНИМОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Зубов И.Н., Орлов А.С., Селянина С.Б.

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова» Российской академии наук, Архангельск, e-mail: gumin@fciarctic.ru

В данной работе проведена оценка применимости и информативности окислительно-восстановительного потенциала и других физико-химических показателей торфяной залежи, как параметров для экспресс-оценки состояния торфяно-болотных экосистем на примере верховых болот европейского севера России. В статье представлены данные по изменению физико-химических показателей: окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), общей минерализации и активной кислотности (рН) компонентов торфяной залежи (торфа и болотной воды) по глубине залегания. Для проведения исследований использовали ненарушенные участки верховых болот мохового типа, расположенные на территории Приморского и Мезенского районов Архангельской области. На основе экспериментальных данных о динамике изменения показателя ОВП по глубине залежи для исследуемых болотных массивов выделен ряд зон принципиально различающихся по условиям функционирования: верхний слой залежи – акротелм или условно деятельный слой, ограниченный уровнем колебания грунтовых вод и катотелм, который предложено разделить на зону промерзания, консервации и придонный слой. Для акротелма зафиксированы слабоокислительные (400–500 мВ) или слабовосстановительные (300–400 мВ) условия, что в первую очередь обусловлено его полной аэрацией и выражается в максимальных значениях ОВП и минимуме рН. Для более глубоких слоев залежи наблюдается постепенное изменение условий на интенсивно восстановительные (200 мВ и менее), что, по-видимому, обусловлено низкой степенью аэрации и определяет ход биodeградации органического вещества торфа и богатство микробиоты, участвующей в разложении растительных остатков. Показано, что ОВП может служить комплексным показателем происходящих в торфяной залежи процессов.

Ключевые слова: торфяная залежь, физико-химические показатели, окислительно-восстановительный потенциал, активная кислотность, общая минерализация, верховые болота

ABOUT THE APPLICABILITY OF REDUCTION-OXIDATION (REDOX) POTENTIAL FOR THE EVALUATION OF THE CONDITION OF THE PEAT DEPOSITS OF BOG ECOSYSTEMS

Zubov I.N., Orlov A.S., Selyanina S.B.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, e-mail: gumin@fciarctic.ru

The applicability and informative value of the redox potential and other physico-chemical properties of the peat deposit as parameters for the express-assessment of the state of peat-bog ecosystems on the example of oligotrophic bogs of the European north of Russia were evaluated in this paper. The article presents data on changes in the physicochemical properties (redox potential, total mineralization and active acidity) of the components of the peat deposit (peat and peat water) by depth. The undisturbed areas of moss type oligotrophic bogs located in the Primorsky and Mezen districts of the Arkhangelsk region were used in present study. A number of zones with fundamentally different functioning conditions are identified for the studied bog massifs on the basis of the experimental data on the dynamics of change in the redox potential characteristics by deposit depth. These zones are: the top layer of the deposit – an acrotelm or conditionally active layer limited by the level of groundwater fluctuation and catotelm, which it is proposed to divide into a zone of freezing, preservation and a bottom layer. Slightly oxidative (400–500 mV) or weakly reducing (300–400 mV) conditions are determined for acrotelm, which is primarily due to its complete aeration and is expressed in maximum redox potential values and minimum pH values. For the deeper layers of the deposit, a gradual change in the conditions to intensively reducing (200 mV or less) is observed, which is apparently due to the low degree of aeration and determines the biodegradation of peat organic matter and the diversity of microbiota involved in the decomposition of plant residues. It was shown that the redox potential can serve as a complex indicator of the processes occurring in the peat deposit.

Keywords: peat deposit, physicochemical properties, redox potential, active acidity, total mineralization, oligotrophic bogs

Арктическая зона РФ характеризуется высокой заболоченностью территории [1], с преобладанием болот верхового типа. Болотные природные комплексы представляют собой сложные саморегулирующиеся и постоянно развивающиеся системы, основные компоненты которых (характерные флора и фауна, микробиота, водная среда, торфяные отложения и т.д.) тесно взаимосвязаны, при этом изменение любого из них

приводит к существенной трансформации всей системы и даже к смене биоценоза.

Современные тенденции природопользования обуславливают актуальность поиска экспрессных методов оценки состояния болотных экосистем, в особенности Арктической зоны, ввиду изменения их естественного состояния, как за счет глобальных климатических процессов, так и в ходе активного освоения этих тер-

риторий, сопряженного с развитием хозяйственно-промышленной деятельности человека.

В настоящее время для оценки состояния болотных экосистем наиболее широко привлекаются биологические методы, в которых одним из основных источников информации служит растительный покров [2]. Его трансформация указывает преимущественно на изменения верхнего аэрированного слоя (называемого также деятельным или торфогенным), но при этом отклик системы на воздействие проявляется через достаточно продолжительный период и не дает достоверной информации о процессах, протекающих в нижних слоях залежи.

Представляется, что для описания состояния торфяной залежи по всей ее глубине более показательны физические, химические и физико-химические параметры, однако определение большинства из них весьма трудоемко и требует проведения продолжительной камеральной обработки. В силу активного развития приборостроения, появления портативного оборудования и практически полного отсутствия необходимости пробоподготовки (например, потенциометрические и кондуктометрические измерения) находят применение и в полевых условиях, что позволяет оценивать параметры системы экспрессно, в условиях наиболее приближенных к реальным и исключить влияние транспортировки и хранения проб [3].

Исходя из процессов, происходящих в торфяной залежи, показательной характеристикой представляется окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) залежи. ОВП – интегральный показатель, отражающий совокупность факторов, отвечающих за формирование окислительно-восстановительного режима (содержание кислорода в залежи, состояние почвенных химических окислительно-восстановительных систем и биохимических окислительных и восстановительных процессов). Изменение численных значений данного показателя может служить источником информации об экологическом состоянии торфяной залежи и ее отдельных горизонтов, а также о ходе процесса торфообразования, включая трансформацию органического вещества и функционирование биологических сообществ. ОВП в значительной мере зависит от pH и минерализации – диагностических параметров, которые используются,

в частности, для градации болот по типу питания [4]. Информацию об ОВП можно получить непосредственно в природной обстановке путем прямых измерений, что делает привлекательным показатель ОВП для экспресс-оценки состояния торфяных залежей болотных экосистем.

Цель исследования: оценка применимости и информативности окислительно-восстановительного потенциала как параметра для экспресс-оценки состояния торфяно-болотных экосистем на примере верховых болот европейского севера России.

Материалы и методы исследования

В качестве тестовых площадок использовали участки ненарушенных верховых болот, расположенных на территории Приморского (площадка 1 – 64°19'43" N, 40°36'45" E; площадка 2 – 65°41'44" N, 40°12'4" E) и Мезенского (площадка 3 – 65°52'8"N, 44°14'44"E) районов Архангельской области, залежи которых в местах отбора проб сложены верховым сфагновым торфом на всю глубину разреза.

Площадка 1 расположена на территории Иласского болотного массива в районе болотной станции Брусовица. Общий рельеф – равнинный. Микрорельеф в зоне выбранной модельной площадки – грядово-мочажинный (50–60% площади занимают гряды высотой до 35 см). Положение разреза – на границе гряды и мочажины. В растительном покрове доминируют сфагнумы, встречаются кустарнички (клюква, вереск, багульник), пушица, рослянка, карликовые березы и редкие угнетенные сосны высотой 2,5–3 м. Уровень грунтовых вод в период пробоотбора – 25 см. Подстилающие породы – суглинки. Мощность торфяной залежи в месте отбора проб 3,5 м.

Площадка 2 расположена вблизи устья р. Зимняя Золотица. Общий рельеф – равнинный. Микрорельеф – грядово-мочажинный, гряды высотой до 30 см. Положение разреза – мочажина в центральной части массива. Растительный покров представлен преимущественно сфагновыми мхами, встречаются кустарнички (морозка, водяника, голубика), осока, древесный ярус полностью отсутствует. Грунтовые воды выходят к поверхности. Подстилающая порода – глина. Мощность торфяной залежи в месте отбора 1,7 м.

Площадка 3 расположена вблизи г. Мезень. Общий рельеф – равнинный (Зона притундровых лесов). Микрорельеф – грядово-мочажинный, гряды высотой до 10 см.

Положение разреза – мочажина. Растительный покров представлен преимущественно сфагновыми мхами, встречаются кустарнички (морозка, водяника, вереск), пушица, осока, древесный ярус полностью отсутствует. Грунтовые воды выходят к поверхности. Материнская и подстилаящая порода – суглинки. Мощность торфяной залежи в месте отбора 2,5 м.

Отбор образцов торфа осуществлялся по визуально отличимым горизонтам залежи с помощью торфяного бура ТБ-5 [5].

Степень разложения исследуемых образцов торфа определялась микроскопическим методом. Ее значение варьируется в диапазоне 0...30% и возрастает с глубиной залегаания.

Определение ОВП и pH проводилось непосредственно во время отбора проб торфа методом прямой потенциометрии [6; 7] на универсальном анализаторе жидкостей АНИОН 4100 (Инфраспек-Аналит, Россия) с применением электродной пары из хлоридсеребряного электрода ЭВЛ-1М3.1 и платинового промышленно-лабораторного электрода ЭВП-1СР для измерения ОВП в жидких и гетерогенных средах, и комбинированного электрода ЭСК-10603 для измерения pH. Определение ОВП и pH проводили параллельно в торфе и торфяной воде, отжатой из торфа соответствующего горизонта. Определение общей минерализации болотных вод проводили кондуктометрическим методом с помощью датчика ДКВ-1.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученным экспериментальным данным (рисунок) для исследуемых болот характерен контрастный окислительно-восстановительный режим, что согласуется с работами [7–9]. Анализ динамики изменения показателя ОВП по глубине залежи позволяет выделить ряд зон принципиально различающихся по условиям функционирования залежи.

Первая зона (0–40 см) представляет собой условно деятельный слой торфяной залежи (акротелм), и ограничена уровнем колебания грунтовых вод. Для акротелма исследуемых болотных массивов характерны слабоокислительные (400–500 мВ) или слабовосстановительные (300–400 мВ) условия, что обусловлено в первую очередь его полной аэрацией и выражается в максимальных значениях ОВП и минимуме pH торфяной залежи (рисунок, г, д). Для вод

акротелма значения ОВП всех исследуемых образцов несколько ниже, разница составляет 20–25 мВ. Значения активной кислотности, напротив, выше на 0,2–0,3 единицы pH. Минерализация вод условно деятельного слоя составила 27–35 мг/л. Стоит отметить, что в целом уровень определяемых показателей характерен для болот верхового типа [4].

Дальнейшее изменение физико-химических показателей в первую очередь обусловлено изменением уровня аэрации слоев и, как следствие, механизмов трансформации растительных остатков при переходе в не аэрируемую зону (катотелм). Данный переход в зону, расположенную ниже 40 см, сопровождается сменой слабоокислительных условий (500–400 мВ) на умеренновосстановительные (300–200 мВ).

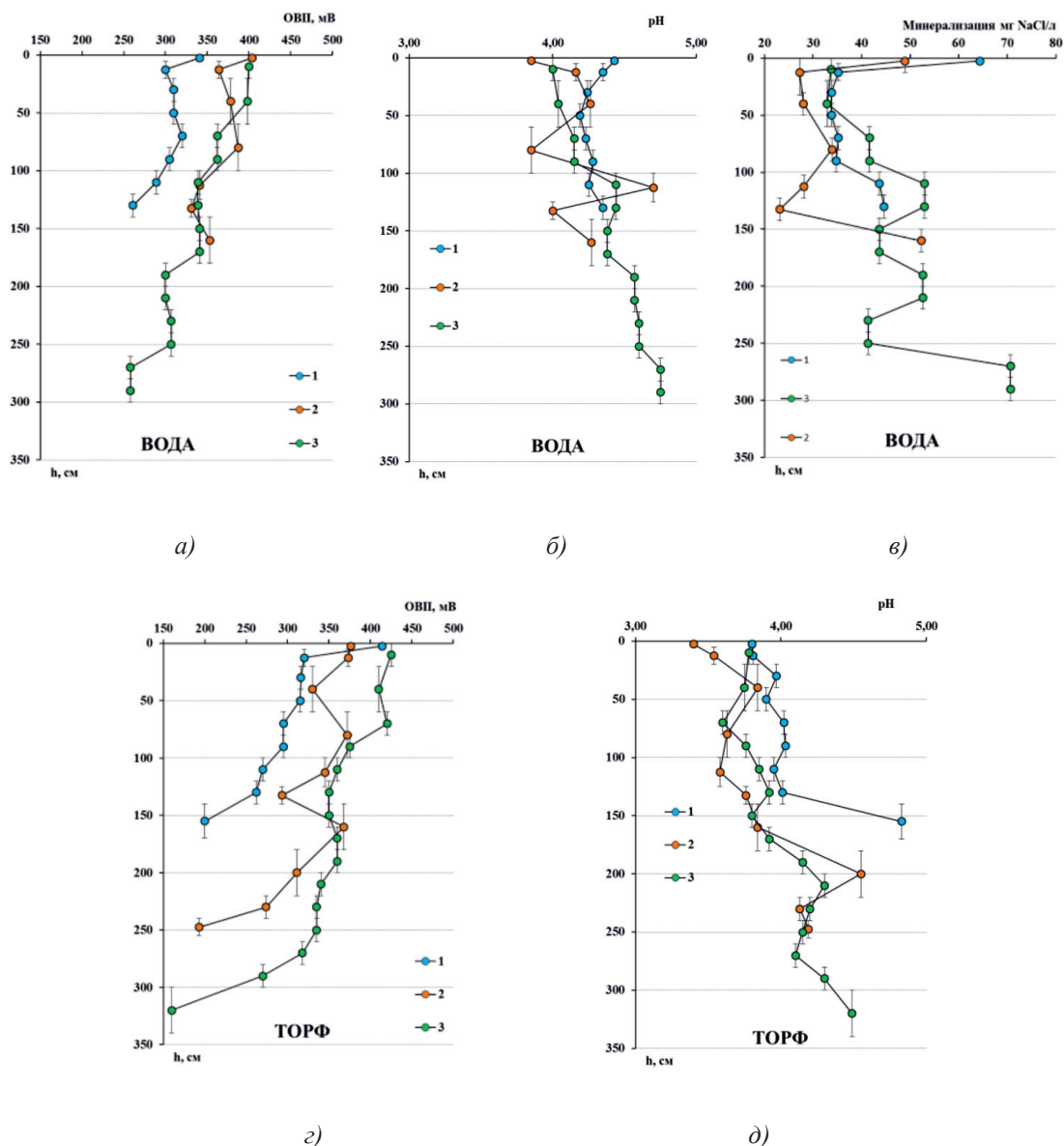
В катотелме в свою очередь можно выделить еще 3 зоны: зону промерзания, зону консервации и придонную зону. Мощность зоны промерзания определяется климатическими условиями региона и для исследуемых болотных массивов достигает 70–80 см. При этом верхняя часть зоны промерзания (40 см) приходится на акротелм.

Величина показателя ОВП в зоне промерзания катотелма не претерпевает изменений или, напротив, растет. Рост показателя ОВП в данном горизонте характерен для болот арктической зоны и вероятно обусловлен значительной продолжительностью его нахождения при отрицательных значениях температур.

Зона консервации, как правило, составляет основу торфяной залежи и напрямую зависит от ее мощности. Она ограничена сверху – зоной промерзания и снизу – придонным слоем. В целом для зоны консервации характерна минимальная зависимость от внешних факторов (климатических условий, поступления минеральных компонентов), что приводит к постепенному снижению показателя ОВП до 250 мВ и ниже. Отдельно взятые минимумы показателя ОВП, как правило, обусловлены более ранними воздействиями на данный торфяной горизонт. Наиболее явными причинами этого могут выступать пожары и поступлением поллютантов в результате трансграничного переноса и других воздействий техногенного характера на исследуемой территории. В целом зона консервации характеризуется изменением условий залежи со слабовосстановительных (350 мВ) на уме-

ренно-восстановительные (250 мВ). В таких условиях одним из ключевых факторов происходящих изменений является минеральный состав залежи, определяющий богатство и численность микробиоты, участвующей в разложении растительных остатков, а также функционирование Red-Ox систем, обусловленных наличием металлов с переменными валентностями. Считается, что для верховых болот биогеохимические циклы массообмена определяются атмосферной миграцией

потоков химических элементов. По этой причине залежи верхового типа являются геохимически автономными ландшафтами, поэтому содержание элементов в них подчинено в основном климатическим факторам [10]. При этом поступление минеральных компонентов из атмосферы в количестве, не превышающем буферную способность вышележащих слоев торфяной залежи, по-видимому, не оказывает воздействия на минерализацию зоны консервации.



Изменение физико-химических показателей торфяной залежи по глубине:

а – ОВП грунтовых вод; б – активная кислотность грунтовых вод;
в – общая минерализация грунтовых вод; г – ОВП торфа, д – активная кислотность торфа

Еще одним источником поступления минеральных веществ в тело залежи является их миграция от минерального дна. Это обуславливает наличие особого придонного слоя катотелма, ограниченного зоной распространения процессов миграции и подвижностью литогенных компонентов. Однако следует отметить, что для залежей верхового типа данная зона выражена гораздо слабее, чем для низинного [10], и требует в дальнейшем более глубокого изучения. Активная кислотность в данном слое находится в интервале 4,5–5,0 единиц pH, а показатель ОВП может достигать значений менее 200 мВ, что соответствует интенсивно восстановительным условиям.

Для грунтовых и поверхностных вод (рисунков, а, б) исследуемых болотных массивов наблюдается схожая динамика изменения показателей ОВП и активной кислотности.

Заключение

Таким образом, особенности функционирования торфяной залежи во многом определяются комплексом абиотических факторов, среди которых особое значение имеют климатические, геохимические и гидрологические условия. Эти факторы не только определяют стадию существования болотной экосистемы, но и качественный состав ее отдельных компонентов, а также их характеристики. При этом ОВП может служить комплексным показателем происходящих в торфяной залежи процессов. Учитывая это, данный показатель должен быть связан с качественными изменениями основного компонента залежи – торфа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках темы № АААА-А18-118012390224-1 и проектов РФФИ № 17-45-290682 и № 18-05-60151.

Список литературы / References

1. Минаева Т.Ю., Сирин А.А. Биологическое разнообразие болот и изменение климата // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 393–406.
2. Minayeva T.Yu., Sirin A.A. Peatland Biodiversity and Climate Change // Biology Bulletin Reviews. 2012. Vol. 2. № 2. P. 164–175. DOI: 10.1134/S207908641202003X.
3. Юрковская Т.К. Болота Архангельской области: ботанико-географические особенности и динамическое состояние // Материалы конференции «IX Галкинские чтения» (Санкт-Петербург, 5–7 февраля 2018 г.) / Под ред. Т.К. Юрковской. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. С. 243–246.
4. Yurkovskaya T.K. Peatlands Arkhangelsk region: phyto-geographical characteristics and dynamic status // Materialy konferentsii «IX Galkinskiye chteniya» (Sankt-Peterburg, 5–7 fevralya 2018 g.) / Pod red. T.K. Yurkovskoy. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo SPbGETU «LETI», 2018. P. 243–246 (in Russian).
5. Орлов А.С., Zubov I.N., Selyanina S.B., Zabelina S.A. Окислительно-восстановительный режим торфяной залежи верховых сфагновых болот Архангельской области // В сборнике: Болота и биосфера: материалы Всероссийской с международным участием X школы молодых ученых (Тверь, 17–21 сентября 2018 г.). Тверь, 2018. С. 221–226.
6. Orlov A.S., Zubov I.N., Selyanina S.B., Zabelina S.A. Reductive-oxidative behavior of sphagnum high-moor bog peat deposit in Arkhangelsk region // In the collection: Swamps and biosphere. Materials All-Russian with international participation X School of Young Scientists (Tver, 17–21 sentyabrya 2018 g.) Tver, 2018. P. 221–226 (in Russian).
7. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
8. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Classification and detection of soils in Russia. Smolensk: Oykumena, 2004. 342 p. (in Russian).
9. Селянина С.Б., Труфанова М.В., Ярыгина О.Н., Орлов А.С., Пономарева Т.И., Титова К.В., Zubov I.N. Особенности биотрансформации органических веществ в условиях болотных экосистем Севера (на примере Иласского болотного массива) // Труды Института биологии внутренних вод РАН. 2017. № 79 (82). С. 200–206. DOI: 10.24411/0320-3557-2017-10040.
10. Selyanina S.B., Trufanova M.V., Yarygina O.N., Orlov A.S., Ponomareva T.I., Titova K.V., Zubov I.N. Peculiarities of the biotransformation of organic matter under the conditions of Northern mire ecosystems (by the example of Ilasskoe mire massif, Russia) // Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod RAN. 2017. № 79 (82). P. 200–206 (in Russian).
11. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. М.: Недра, 1989. 304 с.
12. Lishtvan I.I., Bazin Ye.T., Gamayunov N.I., Terentyev A.A. Peat Physics and Chemistry. M.: Nedra, 1989. 304 p. (in Russian).
13. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высш. шк., 2005. 558 с.
14. Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Sukhanova N.I. Soil chemistry. M.: Vyssh. shk., 2005. 558 p. (in Russian).
15. Wright E.L., Black C.R., Cheesman A.W., Drage T., Large D., Turner B.L., Sjogersten S. Contribution of subsurface peat to CO₂ and CH₄ fluxes in a neotropical peatland // Global Change Biology. 2011. Vol. 17. P. 2867–2881. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02448.x.
16. Инишева Л.И., Шайдак Л.В., Сергеева М.А. Динамика биохимических процессов и окислительно-восстановительное состояние в геохимически сопряженных ландшафтах олиготрофного болота // Почвоведение. 2016. № 4. С. 505–513. DOI: 10.7868/S0032180X16040055.
17. Inisheva L.I., Shaydak L.V., Sergeeva M.A. Dynamics of biochemical processes and redox conditions in geochemically linked landscapes of oligotrophic bogs // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. № 4. P. 466–474. DOI: 10.1134/S1064229316040050.
18. Ларина Г.В., Инишева Л.И., Порохина Е.В. Содержание химических элементов в болотных экосистемах Северного Алтая // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2017. Т. 21. С. 80–95.
19. Larina G.V., Inisheva L.I., Porokhina Ye.V. The Contents of Chemical Elements in Mire Ecosystems of the North Altai // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle. 2017. Vol. 21. P. 80–95 (in Russian).

УДК 911:347.2(470.630)

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ КАК ОСНОВА ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ ИПАТОВСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Кипа Л.В., Одинцов С.В., Лошаков А.В., Стукало В.А.

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь,
e-mail: sgaukadastr26@mail.ru

В работе приводится анализ аспектов территориального развития Ипатовского городского округа за 2009 и 2016 гг. Проводится анализ земельного фонда Ипатовского городского округа в разрезе категорий с актуализацией земель по формам собственности. В статье проведены исследования по выявлению основных видов экономической деятельности округа. Также представлена динамика изменения численности населения, проанализированы на территории Ипатовского городского округа объемы жилищного строительства. Актуальность темы территориального развития территории административного района приобрела особую значимость с принятием постановления Правительства Российской Федерации от 23.03.2008 г. № 198 «О порядке подготовки и согласования проекта схемы территориального планирования Российской Федерации», особую актуальность приобрели проблемы согласования, проверки на соответствие документов территориального планирования, подготовленных различными уровнями власти. Повышению эффективности пространственного структурирования территории должно способствовать развитие системы территориальных объектов с установлением положений об их видах и типах. По их видам это объекты, выделяемые по отраслевому признаку. По их типам это точечные, линейные и планарные (по их картографическому отображению) объекты, на каждом из уровней их значения – федеральном, региональном и муниципальном. Среди них в качестве объектов особой значимости выделяются объекты особого федерального, регионального и муниципального значения. Принятие положений о статусе объектов особой значимости должно способствовать решению задач формирования пространственного каркаса на каждом из уровней их значения. Представляется целесообразным выделять три градации объектов федерального значения и допускать установление своих градаций на региональном и муниципальном уровнях.

Ключевые слова: земельный фонд, состояния мелиоративной сети, демографический ресурс, сельские территории

TERRITORIAL DEVELOPMENT AS A BASIS OF STATE REGULATION OF LAND RELATIONS OF THE IPATOVSKY CITY DISTRICT STAVROPOL TERRITORY

Kipa L.V., Odintsov S.V., Loshakov A.V., Stukalo V.A.

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: sgaukadastr26@mail.ru

The paper analyzes the aspects of territorial development of the Ipatovsky urban district for 2009 and 2016. The analysis of the land Fund of the Ipatovsky city district in the context of categories with updating of lands on forms of ownership is carried out. In article researches on identification of the main types of economic activity of the district are carried out. The dynamics of population change is also presented, the volumes of housing construction are analyzed in the territory of the Ipatovsky urban district. The relevance of the topic of territorial development of the administrative district acquired particular importance with the adoption of the decree of the Government of the Russian Federation of 23.03.2008 № 198 «on the procedure for preparation and approval of the draft scheme of territorial planning of the Russian Federation» the problems of coordination, verification of compliance with the documents of territorial planning prepared by different levels of government. The development of the system of territorial objects with the establishment of provisions on their types and types should contribute to improving the efficiency of spatial structuring of the territory. They types of objects that are allocated on a sectoral basis. According to their types, they are point, linear and planar (according to their cartographic mapping) objects, at each level of their value – Federal, regional and municipal. Among them, objects of special Federal, regional and municipal importance are singled out as objects of special importance. The adoption of provisions on the status of objects of special importance should help to solve the problems of formation of the spatial framework at each level of their value. It seems appropriate to allocate three gradations of objects of Federal importance and allow the establishment of their gradations at the regional and municipal levels.

Keywords: land Fund, conditions of land reclamation network, demographic resource, rural areas

Территориальное планирование является одним из видов градостроительной деятельности, основной задачей которого является планирование развития территории административного образования, установление функциональных зон, зон планируемого капитального строительства и зон с особым условием использования территории. Главной его целью является рассмотрение социальных, экономических, экологических и иных факторов и их влия-

ния на устойчивое развитие территорий, а также инженерной, транспортной и социальной инфраструктур, принятие интересов граждан, администраций муниципальных образований, субъектов Российской Федерации, на уровне Российской Федерации в целом [1]. Территориальное планирование напрямую связано с механизмами землепользования и застройки на основе правил, содержащихся в части 4 статьи 9 Градостроительного кодекса РФ [2].

Таблица 1

Характеристика земельного фонда Ипатовского городского округа по категориям земель

Показатели	2009	2016	Разница +, –
Земли сельскохозяйственного назначения	Площадь 388801	Площадь 388568	– 233
Земли поселений	7547	7742	+ 195
Земли промышленности транспорта и др.	1595	1633	+ 38
Земли лесного фонда	2170	2170	–
Земли особо – охраняемых территорий	–	–	–
Земли водного фонда	3462	3462	–
Земли запаса	–	–	–

Цель исследования: анализ данных территориального планирования в целях регулирования использования земельных ресурсов.

Рациональное использование земель относят к числу важнейших принципов земельного права. Как принцип права, рациональное использование земель выражается в требовании их эффективной эксплуатации землевладельцами, землепользователями и собственниками земли [3].

Проведенный в настоящее время анализ показывает низкий уровень развития земельных отношений, необходимо решить задачи по их совершенствованию, что, несомненно, повысит эффективность управления земельными ресурсами, а также более рациональное их использование. Данные исследования будут способствовать целесообразным решениям в области государственного управления земельными ресурсами.

Материалы и методы исследования

В рамках исследований применялся метод сравнительного анализа, анализ изменения земельного фонда по категориям земель по материалам схемы территориального планирования [4]. При сборе данных и изменений земельного фонда в структуре земельных отношений Ипатовского городского округа, применялись данные за 2009 и 2016 гг. [5, 6].

Объектом исследования является анализ территориального развития Ипатовского городского округа за 2009 и 2016 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате сбора информации получены следующие данные характеризующие структуру земельного фонда (табл. 1).

Из приведенного исследования установлено увеличение земель поселений на

195 га. Изменения произошли из-за перевода земель из категории земель сельскохозяйственного назначения в категорию земель поселений. Это связано с целью расширения границ населенных пунктов, в том числе города Ипатово, с учетом корректировки генерального плана. В результате исследований мы приходим к выводу о том, что необходимость развития территории Ипатовского городского округа вызвана документами по расширению границ населенных пунктов и в то же время возникают предпосылки к снижению сельскохозяйственных угодий, в условиях сокращения земель сельскохозяйственного назначения.

При изъятии не учтены: проблема сохранения плодородия почв, как ключевого элемента в системе повышения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения, критерии изъятия земель сельскохозяйственного назначения без учета балла плодородия. В документах ЕРГН не отражены сведения о почвенных характеристиках, балле бонитета, сведения о качестве почв, их плодородии. При условии включения его в границы населенного пункта и изменении его разрешенного использования земельные участки становятся объектом гражданского оборота и объектом рыночных отношений. При изъятии для государственных и муниципальных нужд земельные участки, включенные в черту населенного пункта имеют стоимость рыночную в десятки раз выше, чем ее первоначальная стоимость [7].

Увеличение земель промышленности на 38 га тоже произошло за счет расширения границ населенных пунктов посредством увеличения территории промышленных предприятий: под строительство кирпичного завода, под строительство объекта производства мяса птицы, а также строительство цеха изоляционных материалов, в основу которого положено базальтовое волокно

ООО «Ойлтехнострой», развитие производственных мощностей ООО «Агротехсервис», строительство нового цеха импортной техники Ипатовским ОЭМЗ.

Промышленный комплекс района является основой экономики района. Это дает возможность получения новых рабочих мест, привлечения инвестиций.

Земли лесного и водного фонда по сравнению с 2009 г. в 2016 г. остались без изменений.

Земельная реформа в Российской Федерации предоставила возможность правомочия владения земельными участками разными формами собственности. В исследовательской работе представлены данные по видам собственности на территории Ипатовского городского округа за период 2009 и 2016 гг. (табл. 2) [5, 6].

Из приведенного исследования мы приходим к выводу о том, что в градации видов собственности на землях сельскохозяйственного назначения произошли изменения: в сторону уменьшения на 233 га, что составляет 8,6% от общего количества сельскохозяйственных угодий территории района.

Произошло перераспределение собственности граждан, которая уменьшилась на 17258 га, что составило 6,7% по сравнению с 2009 г., а вот собственность юридических лиц увеличилась на 19925 га, что составило 49% по сравнению с сельскохозяйственными угодьями в собственности юридических лиц 2009 г.

В государственной собственности произошло уменьшение на 2630 га, что составляет 1,8% по сравнению с 2009 г. Изменения в сторону увеличения площади юридических лиц связаны с выкупом земельных долей в составе сельскохозяйственных предприятий.

С 2009 г. площадь земель населенных пунктов увеличилась на 195 га, это произошло вследствие внесения земель сельскохозяйственного назначения в границы населенных пунктов, что составило 102,6%.

Доля собственности граждан увеличилась и составила 100,4%. Большую часть составляют предназначенные под выкуп земли и находящиеся на них объекты недвижимости. В собственности юридических лиц увеличение составило 160,5% за счет выкупа земельных участков под предприятиями. В государственной собственности и муниципальной собственности увеличение составило 103,3% по сравнению с 2009 г.

Земли водного и лесного фонда остались без изменений.

Таблица 2

Показатели использования земельного фонда Ипатовского городского округа по видам собственности

Показатели	2009	2016	Разница +,–	%, 2009 к 2016
Земли сельскохозяйственного назначения в том числе	Площадь	Площадь		
	388801	388568	– 233	99,1
В собственности граждан	202824	185296	– 17528	91,3
В собственности юр. лиц	40631	60556	+ 19925	148,1
В государственной собственности	145346	142716	– 2630	98,2
Земли нас. пунктов в т. ч.	7547	7742	+ 195	102,6
В собственности граждан	3024	3035	+11	100,4
В собственности юридических лиц	43	69	+ 26	160,5
В государственной собственности и муниципальной собственности	4480	4638	+ 158	103,5
Земли промышленности транспорта и др.	1595	1633	+ 38	102,4
В собственности граждан	4	4	–	–
В собственности юридических лиц	–	15	+ 15	–
В государственной собственности	1591	1614	+ 23	101,4
Земли лесного фонда	2170	2170	–	–
В государственной собственности РФ	2170	2170	–	–
Земли водного фонда	3462	3462	–	–
В государственной собственности	2562	2652	–	–
В собственности РФ	810	810	–	–

Исходя из исследований, проведенных на основании статистического материала Росреестра по Ставропольскому краю, мы приходим к выводу о том, что изменение земель по видам собственности влечет за собой налогообложение и экономико-социальные факторы.

Основу территориального планирования составляет численный состав населения. На 2009 г. численность населения Ипатовского городского округа составила 65,4 тыс. человек, из них городское население насчитывает 28,1 тыс. человек, что составляет 42,9% от общей численности населения, сельское население насчитывает 37,3 тыс. человек, что составляет 57,1% от общего количества населения Ипатовского городского округа.

На 2016 численность городского округа составила 61,7 тыс. человек, из них на долю городского население приходится 27,6 тыс. человек или 44,7%, а сельское население составляет 34,1 тыс. человек или 55,3%.

Количество населения Ипатовского городского округа снижается по сравнению с 2009 на 3,7 тыс. человек или на 5,6%. В том числе количество городского населения снизилось по сравнению с 2009 г. на 0,5 тыс. человек или 1,8%. В динамике исследования сельского населения прослеживается снижение количества населения по сравнению с 2009 г. на 3,2 тыс. человек или 8,6%.

Таким образом, мы приходим к выводу о том, что при общем снижении количества населения Ипатовского городского округа количество сельского населения уменьшилось по сравнению с городским на 2,7 тыс. или на 13,6%. Отток населения связан с социально-экономическими факторами, рынком труда, высокой степенью моноспециализации экономики, сельскохозяйственные предприятия потеряли прежнюю функциональную специализацию.

Отток населения приводит в выигрышное положение краевой центр и крупные города РФ, в которых присутствует рынок труда, образовательные учреждения с более высоким уровнем образования, уровнем здравоохранения и других социально-значимых факторов. Среднегодовые объемы строительства в Ипатовском городском округе ориентировочно должны составить около 8,0–11,0 тыс. кв. м в год [5, 6].

Таблица 3
Объемы жилищного строительства
в Ипатовском городском округе

Территории	2009	2016	% 2016 к 2009
Показатели в ед. м ²	Тыс. кв. м	Тыс. кв. м	—
Ипатовский район	244	254,5	104,3
Сельская местность	118	121,4	102,9
Г. Ипатово	126	133,1	105,6

Из представленной табл. 3 установлено, что на территории Ипатовского городского округа объемы жилищного строительства составили рост в 7,4% по сравнению с 2009 г., при этом в сельской местности объемы составили 6,8% увеличения и в городе Ипатово 7,9% увеличения.

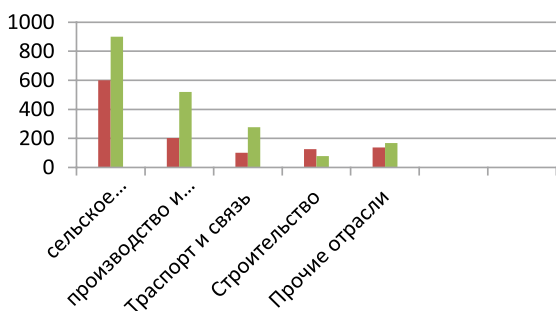
Строительство в Ипатовском городском округе предполагает среднегодовые объемы которые будут составлять около 30 тыс. кв. м в год.

Следующим фактором исследования развития территории является сельское хозяйство и производство по переработке и обработке сельскохозяйственной продукции. В общей структуре экономики занимает 70% от общей суммы оборота по экономическим видам деятельности [5, 6].

Таблица 4
Динамика оборота по видам экономической деятельности

Наименование показателей	2009 г.		2016 г.		2016 г. к 2009 г.
	сумма	%	сумма	%	
по видам экономической деятельности, млн руб.	1793,7	100	3248,1	100,0	181%
<i>в том числе:</i>					
сельское хозяйство	626,9	35,0	1308,3	40,3	в 2,1 раза
обрабатывающие производства	600,0	33,5	900,2	27,7	150%
производство и распределение электроэнергии, газа, воды	201,7	11,2	518,8	16,0	в 2,6 раза
транспорт и связь	101,4	5,6	276,4	8,5	в 2,7 раза
Строительство	125,6	7,0	77,2	2,4	61%
прочие отрасли	138,1	7,7	167,2	5,1	121%

Процент доли сельского хозяйства в сравнении с 2009 г. повысился в 2,1 раза, уровень обрабатывающих производств возрос на 150%, и при этом доля сельскохозяйственного производства является приоритетной для Ипатовского городского округа (табл. 4).



Характеристика экономических видов деятельности Ипатовского городского округа

Из представленной диаграммы (рисунок) установлено, что преобладающим видом деятельности на территории Ипатовского городского округа является сельское хозяйство и обрабатывающие производства сельскохозяйственной продукции.

Особенность планировочной структуры и планировочной ситуации Ипатовского городского округа составляет их взаимная связь и взаиморасположение.

Развитие транспортной инфраструктуры городского округа ограничивается слабопересеченным рельефом Предкавказья в сочетании с однородным уровнем сельскохозяйственного освоения территории.

Проведенное исследование позволило нам сделать следующие выводы о том,

что в развитии автомобильного транспорта в 2016 г. планируется увеличение на 30% за счет строительства обьездной дороги с. Октябрьское; Реконструкция подъездов к населенным пунктам: Родники, Подъездной дороги к х. Вавилон, х. Веселый, строительство моста г. Ипатово через балку Чемрек.

В части развития трубопроводного транспорта планируется увеличение на 35,5% за счет строительства подводящих газопроводов к следующим населенным пунктам: Малый Кундуль, Средний Кундуль, Красный Кундуль, Васильев, Восточный Вавилон (табл. 5).

Таблица 5
Состояние развития транспортной сети Ипатовского городского округа

Транспорт	2009	2016	% 2016 к 2009
Автомобильный в км	398,6	517,8	130
Железнодорожный в км	46,3	46,3	—
Трубопроводный в км	91,2	123,6	135,5

Важным фактором, влияющим на инвестиционную привлекательность территории, является создание благоприятных институциональных условий (наличие законодательно-правовых и нормативных правовых актов, в том числе наличие утвержденных документов стратегического планирования, включая документы территориального планирования, а также генеральные планы и правила землепользования и застройки для каждого муниципального образования).

Без базовых градостроительных документов невозможно развитие стратегически важных объектов транспортной и инженерной инфраструктуры.

Показатели привлечения инвестиций

Таблица 6

Наименование	2009 Площадь в кв. м	2016 Площадь в кв. м	+,- 2016 к 2009
Строительство птицефабрики с содержанием 77 тыс. голов индеек в с. Первомайское	—	6,0	+6,0
Строительство многоквартирного жилого дома в г. Ипатово	1,2	—	-1,2
Строительство комплекса по производству мяса птицы в г. Ипатово	—	136,7	+136,7
Строительство маслоэкстракционного завода по переработке маслосемян подсолнечника и рапса в с. Октябрьское	—	21,0	+21,0
Строительство завода глубокой переработки зерна пшеницы на сухую клейковину, крахмал и комбикорма в г. Ипатово	—	57,0	+57,0
Итого	1,2	220,7	219,5

Для обеспечения благоприятных условий по привлечению инвестиций, развития малого и среднего бизнеса необходимо также наличие объектов инновационной инфраструктуры (бизнес-инкубаторы и индустриальные парки, отраслевые кластеры, объекты информационно-консультативной службы для обслуживания сельских товаропроизводителей всех форм собственности).

В соответствии с целями муниципальной программы «Экономическое развитие и инновационная экономика Ипатовского городского округа на 2010–2017 годы» приоритетами политики администрации Ипатовского городского округа по привлечению инвестиций является социальное развитие – наиболее приоритетными являются инвестиционные проекты, обладающие большим социальным эффектом, проявляющимся в равномерном росте благосостояния, улучшения качества жизни и здоровья населения Ипатовского городского округа; экологическая безопасность – наиболее приоритетными являются инвестиционные проекты, не оказывающие в своем составе положительное отношение на состояние окружающей среды (табл. 6) [5, 6].

Выводы

Для решения проблем, связанных с комплексным развитием сельских территорий, необходимо решить несколько задач. Этот вопрос решается в целях устойчивого развития сельских территорий который состоит из:

1) достижение благосостояния населения состоит в развитии отраслей сельского хозяйства в области овцеводства и помощи в реализации государственных программ в части финансирования, создания на территориальном уровне саморазвивающейся социально-экономической системы;

2) социальной сферы села с низкоуровневым развитием является основой отсутствия организованной сферы управления процессами проходящими в развитии сельского общества и сельской территории в целом.

Опыт многих стран показывает, что наиболее важным фактором при определении устойчивого развития территории, является наличие богатых природных ресурсов, а также передовых технологий и совершенство социальную направленность которых

необходимо применять в практиком действии системы управления.

Список литературы / References

1. Рукин В.А. Совершенствование системы управления устойчивым развитием сельских территорий // Вестник Тамбовского университета. Серия: гуманитарные науки. 2008. № 4. С. 393–402.

Rukin V.A. Perfection of control system of rural territory steady development // Tambov University Review. Series Humanities. 2008. № 4. P. 393–402 (in Russian).

2. Торгаев М.А. Влияние городов на использование прилегающих территорий // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2018. № 1. С. 180–188.

Torgaev M.A. Influence of cities on the use of adjacent territories // International journal of applied Sciences and technologies «Integral». 2018. № 1. P. 180–188 (in Russian).

3. Гиенко Д.Г. Система управления земельными ресурсами. Описание проблем и вариантов их решения (обзорная статья) // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2012. Т. 1. № 3. С. 104–108.

Gienko D.G. Control system of ground resources. Description of problems and versions of their decision (review) // Interexpo geo-Siberia. 2012. V. 1. № 3. P. 104–108 (in Russian).

4. Российская Федерация. Материалы территориального планирования. Схема территориального планирования муниципального образования Ипатовского района Ставропольского края [Электронный ресурс]. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/> (дата обращения: 05.12.2018).

Russian Federation. Materials of territorial planning. Scheme of territorial planning of municipal formation of Ipatovsky district of Stavropol krai [Electronic resource]. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/> (date of access: 05.12.2018) (in Russian).

5. Российская Федерация. Статистическая отчетность. Отчет по наличию и распределению земель по категориям и угодьям Ипатовского района Ставропольского края за 2009 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.ru/site/about/struct/./upravlenie-rosreestra-po-stavropolskomu-krayu/> (дата обращения: 05.12.2018).

Russian Federation. Statistical report. Report on the availability and distribution of land by category and land Ipatovsky district of Stavropol territory for 2009 [Electronic resource]. URL: <https://rosreestr.ru/site/about/struct/./upravlenie-rosreestra-po-stavropolskomu-krayu/> (date of access: 05.12.2018) (in Russian).

6. Российская Федерация. Статистическая отчетность. Отчет о наличии и распределении земель по категориям и угодьям по Благодарненскому району Ставропольского края за 2016 год, форма 8, утвержденная Постановлением Росстата от 06.08.07 № 61 [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.ru/site/about/struct/./upravlenie-rosreestra-po-stavropolskomu-krayu/> (дата обращения: 05.12.2018).

Russian Federation. Statistical report. Report on the availability and distribution of land by category and land in the Blagodatnensky district of the Stavropol territory for 2016, form 8, approved by the resolution of Rosstat from 06.08.07 № 61 [Electronic resource]. URL: <https://rosreestr.ru/site/about/struct/./upravlenie-rosreestra-po-stavropolskomu-krayu/> (date of access: 05.12.2018) (in Russian).

7. Письменная Е.В., Татаринцева А.А. Современные подходы к территориальному планированию ставропольского края // В сборнике: Экология и устойчивое развитие сельской местности. 2012. С. 128–134.

Pismennaya E.V., Tatarintseva A.A. Modern approaches to spatial planning of the Stavropol territory // Proceedings: Ecology and sustainable rural development. 2012. P. 128–134 (in Russian).

УДК 504.453(470.62)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЕКИ КУБАНЬ В ЧЕРТЕ ГОРОДА КРАСНОДАРА НА ОСНОВЕ ЧАСТНОГО ОТБОРА ПРОБ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД

Короткова Т.Г., Заколюкина А.М., Бушумов С.А.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: korotkova1964@mail.ru

Приведены результаты анализов качества воды реки Кубань, протекающей в пределах г. Краснодара. Выделено 10 точек от входа реки Кубань в город (Пашковский пережат) до её выхода из города (ул. Вавилова). Отбор проб поверхностных природных вод проведен в октябре и ноябре 2018 г. на глубине 30 см в соответствии с требованиями нормативных документов ГОСТ 31861-2012 и ГОСТ 31942-2012. С помощью количественного химического анализа определены 11 показателей: хлориды, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК₅), нефтепродукты, железо общее, фосфаты, взвешенные вещества и сульфаты. Микробиологический анализ проведен по трем показателям: общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги. Для определения содержания поллютантов применены фотометрический метод анализа, титриметрический метод анализа, ИК-спектрометрический анализ с предварительной экстракцией. Для подтверждения правильного определения типа колоний бактерий (ОКБ или ТКБ) проведен окислительный тест в пробирках. За результат количественного химического анализа принята медиана, полученная из трех параллельных определений. Сделан вывод, что р. Кубань загрязнена нефтепродуктами, взвешенными веществами, ионами аммония, нитрит-ионами, железом, ОКБ и ТКБ. Наличие колифагов свидетельствует о возможном присутствии опасных патогенных вирусов. Приведенные показатели относятся к характеристике загрязненных бытовых сточных вод, что согласуется с результатами исследований других авторов. По удельному комбинаторному индексу загрязненности воды на основе доклада Министерства природных ресурсов Краснодарского края р. Кубань в 2017 г. соответствует 4 классу разряда «а» «грязная».

Ключевые слова: загрязнение, р. Кубань, количественный химический анализ, микробиологический анализ, качество воды

ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE KUBAN RIVER WITHIN THE CITY OF KRASNODAR BASED ON PRIVATE SELECTION OF SAMPLES OF SURFACE NATURAL WATER

Korotkova T.G., Zakolyukina A.M., Bushumov S.A.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: korotkova1964@mail.ru

The results of analyzes of the water quality of the Kuban River flowing within the city of Krasnodar are presented. 10 points were identified from the entrance of the Kuban River to the city (Pashkovsky Riffle) to its exit from the city (Vavilova Street) and water samples were taken. Sampling of surface natural waters was carried out in October and November 2018 at a depth of 30 cm in accordance with the requirements of regulatory documents GOST 31861-2012 and GOST 31942-2012. Using quantitative chemical analysis, 11 indicators were determined: chlorides, ammonium ion, nitrite ion, nitrate ion, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD₅), petroleum products, total iron, phosphates, suspended solids and sulfates. Microbiological analysis was carried out on three indicators: total coliform bacteria (TCB), thermotolerant coliform bacteria (TTCB), coliphages. To determine the content of pollutants, a photometric analysis method, a titrimetric analysis method, and infrared spectrometric analysis with preliminary extraction were applied. To confirm the correct determination of the type of bacterial colonies (TCB or TTCB), an oxidase test was carried out in test tubes. The median obtained from 3 parallel definitions was adopted for the result of the quantitative chemical analysis. It is concluded that the Kuban River is polluted with oil products, suspended solids, ammonium ions, nitrite ions, iron, CCB and TCB. The presence of coliphages suggests the possible presence of dangerous pathogenic viruses. These figures refer to the characterization of polluted domestic wastewater, which is consistent with the results of research by other authors. According to the specific combinatorial index of water pollution on the basis of a report by the Ministry of Natural Resources of the Krasnodar Region, the Kuban River in 2017 corresponds to the 4th grade of the «a» category «dirty».

Keywords: pollution, river Kuban, quantitative chemical analysis, microbiological analysis, water quality

Р. Кубань является одной из достопримечательностей Краснодарского края, входящего в Южный федеральный округ и являющегося частицей Кубани – житницы России. Базы отдыха и прогулки по реке доставляют радость жителям края

всех возрастов. На правом побережье реки раскинулся город-миллионник Краснодар с развитым промышленным комплексом и сельским хозяйством. Строятся микрорайоны, муниципальные учреждения и возводятся крупные промышленные объекты.

С одной стороны, улучшаются условия жизни населения в целом, а с другой стороны, это приводит к возрастанию антропогенной нагрузки на окружающую среду. Жилые комплексы, сельскохозяйственные и промышленные предприятия сбрасывают в реку огромное количество сточных вод, а побережье зачастую завалено сломанными деревьями, бытовыми отходами и мусором. С поверхностным смывом поллютанты попадают в р. Кубань. Такое загрязнение водоемов, по мнению авторов [1, 2] практически не поддается прямому контролю и ограничению. Длительное воздействие загрязняющих веществ на водную экосистему приводит к обеднению видового состава животного и растительного мира [3, 4]. Кроме того, происходит непрерывный рост заболеваемости населения. Территория бассейна р. Кубани отнесена к зоне повышенного риска заболеваний щитовидной железы [2].

Оценка загрязнения р. Кубань, представленная в [5], выявила негативное воздействие на качество воды рек бассейна Кубани недостаточно очищенных сточных вод жилищно-коммунального хозяйства и сброса неочищенных ливневых вод с территорий населенных пунктов. Пробы воды, отобранные в первой половине октября с 2004 по 2008 г. на расстоянии 1 м от берега в районе парка «Солнечный остров» показали увеличение гетеротрофных бактерий, плесневых грибов, колиформных и уробактерий.

Анализ ежегодных докладов Министерства природных ресурсов Краснодарского края «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края» [6] показывает, что величина удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) в соответствии с РД 52.24.643-2002 [7] возрастает. Для наглядности эти показатели с 2010 г. по 2017 г. представлены нами на рис. 1.

В 2017 г. р. Кубань из 3 класса разряда «б» «загрязненная» переведена в 4 класс разряда «а» «грязная» [6]. По данным [8] в Краснодарском крае 16 из 196 гидротехнических сооружений работают неудовлетворительно.

Целью данной работы было экспериментальное определение показателей качества поверхностной воды р. Кубань, протекающей в пределах г. Краснодара, путём отбора проб воды и проведением количественного химического и микробиологического анализов в аккредитованной лаборатории.

Материалы и методы исследования

Количественный химический анализ 10 отобранных проб воды проведен в аккредитованной лаборатории по 11 показателям: хлориды, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК₅), нефтепродукты, железо общее, фосфаты, взвешенные вещества и сульфаты. Микробиологический анализ проведен по трем показателям: общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги. Исследуемые показатели качества воды определены по следующим нормативным документам: природоохранный нормативный документ федерального уровня (ПНД Ф); Федеральный реестр (ФР); Руководящий документ (РД); Государственный отраслевой стандарт (ГОСТ); Методические указания (МУК). БПК^{полн.} ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97; взвешенные вещества ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009; железо общее ПНД Ф 14.1:2:4.50-96; ХПК ПНД Ф 14.1:2.100-97; хлориды ПНД Ф 14.1:2:4.111-97; сульфаты ПНД Ф 14.1:2.159-2000; нефтепродукты ПНД Ф 14.1:2:4.5-95; аммоний-ион ПНД Ф 14.1:2:4.262-10; нитрат-ион ПНД Ф 14.1:2:4.4-95; нитрит-ион ПНД Ф 14.1:2:4.3-95; общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги МУК 4.2.1884-04.

Результаты исследования и их обсуждение

На участке р. Кубань в черте г. Краснодара выбрано 10 точек (рис. 2). Нумерация точек принята по направлению течения реки Кубань: вход в г. Краснодар (Пашковский пережат) точка 1; точка 2 расположена в районе поселка Прикубанский, точка 3 – поселки Козет и Новый, точка 4 после нефтеперерабатывающего завода АО «КНПЗ-КЭН» (Краснодарский нефтеперерабатывающий завод – Краснодарэконейфть); точка 5 расположена в 500 м до стока в реку Кубань со стороны города. Точка 6 характеризует сток в реку Кубань в районе Тургеневского моста со стороны жилых построек города (рис. 3); точка 7 расположена в 500 м после стока; точки 8 и 9 охватывают дачные участки и жилой поселок Республики Адыгея (аул Старобжегокай), расстояние между ними составляет 1000 м; точка 10 характеризует выход из города.

Отбор проб поверхностных природных вод проведен в октябре и ноябре 2018 г. на глубине 30 см в соответствии с требованиями

ми нормативных документов ГОСТ 31861-2012 и ГОСТ 31942-2012. Для определения химических компонентов пробы отобраны в количестве 5 дм³ в пластиковую тару, для определения содержания нефтепродуктов отобрано 2 дм³ в стеклянную банку с завинчивающейся крышкой и для проведения

микробиологических исследований отобрано по 1 дм³ воды в стерильную стеклянную бутылку. Пробы были доставлены в лабораторию не позднее 2 ч после начала отбора. Исследования проведены непосредственно после доставки проб в лабораторию, консервация проб не проводилась.

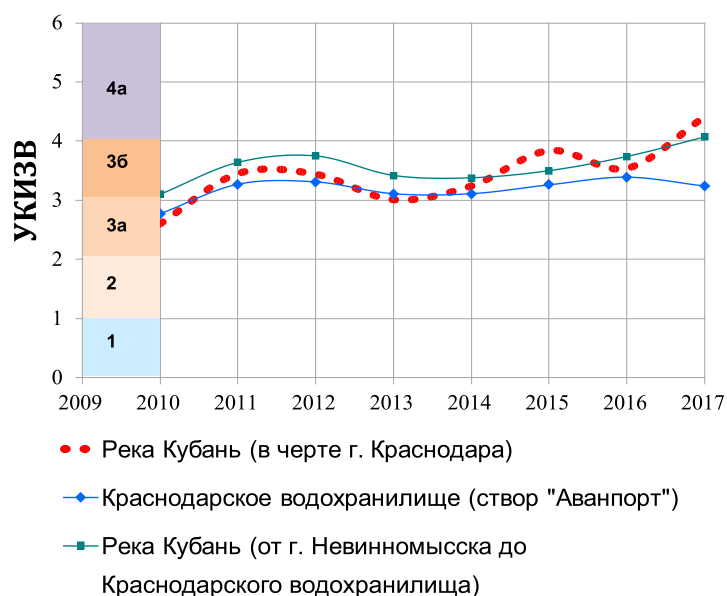


Рис. 1. Оценка загрязненности р. Кубань по показателю УКИЗВ

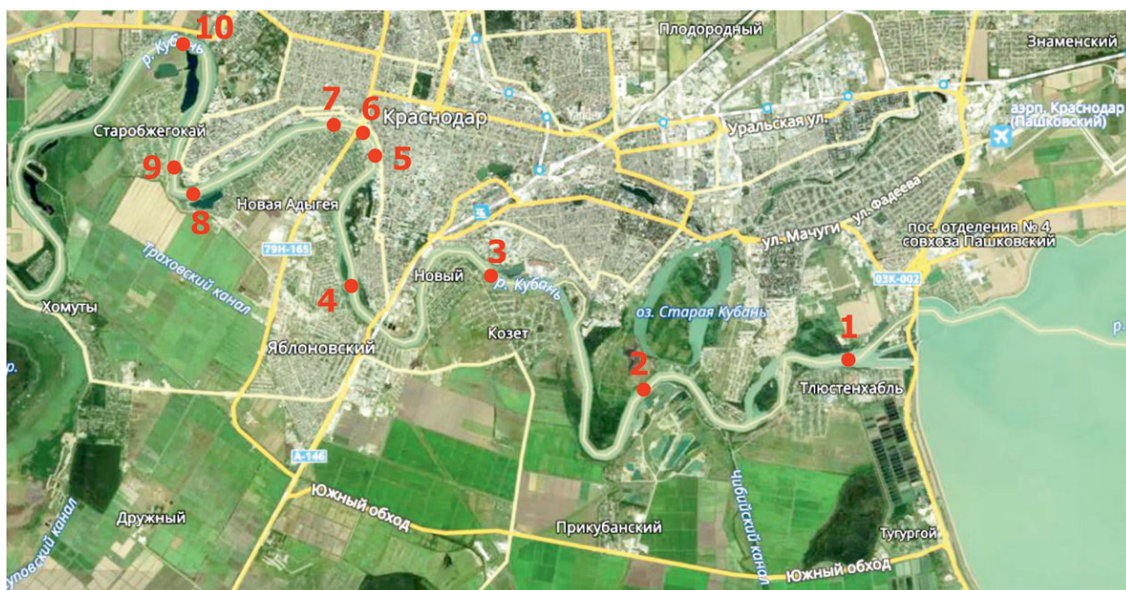


Рис. 2. Карта р. Кубань в черте г. Краснодара с указанием точек отбора проб



а)



б)

Рис. 3. Сток в районе Тургеневского моста на Кубанской набережной:
а) вид стока с Тургеневского моста б) сток в р. Кубань

Проведен количественный химический анализ поверхностных природных вод. Содержание общего железа определено путем минерализации проб с последующим фотометрированием образующегося комплексного соединения ионов железа (III) с 1,10-фенантролином, окрашенного в красно-оранжевый цвет при $pH = 3$. Сульфат-ионы количественно определены турбидиметрическим методом анализа, основанным на поглощении излучения коллоидами сульфата бария, стабилизированных водным раствором глицерина и этилового спирта. Выполнение измерений массовой концентрации аммонийного азота основано на взаимодействии аммиака в щелочной среде с раствором тетраиодмеркурата калия. В результате образуется иодид меркурат аммония, окрашивающий раствор в цвет от желтого до красно-бурого в зависимости от концентрации аммонийного азота. Содержание нитратов определено на основе восстановительной способности по отношению к сульфату гидразина с последующим детектированием синтезированных нитритов. Сульфаниламид, как и прочие первичные ароматические амины, при действии азотистой кислоты образует диазосоединение, дающее сильноокрашенный комплекс малинового цвета азокрасителя в сочетании с N-(1-нафтил)этилендиамином.

Величина ХПК определена титриметрическим методом, основанном на окислении органических соединений калием двуххромовокислом в сильноокислой среде. В качестве катализатора использован сульфат серебра. После количество непрореагиро-

вавшего бихромата калия определено титрованием раствором железомонийных квасцов и по разности количеств титрантов рассчитано количество, пошедшее на окисление органических соединений.

Исследования массовой концентрации хлоридов основываются на способности определяемого компонента образовывать практически нерастворимое соединение хлорид серебра в реакции с раствором нитрата серебра. По окончании осаждения хлоридов избыточные ионы серебра вступают в реакцию с хромат-ионами, выступающими в качестве индикатора, и образуют равновесный красно-оранжевый комплекс хромата серебра на поверхности осадка. Анализ проводили при pH от 6 до 9 для возможности образования хромата серебра. При сильнощелочной реакции среды ионы серебра образуют гидроксид серебра, которые сразу же разлагаются с образованием осадка оксида серебра.

Определение содержания нефтепродуктов выполнено методом ИК-спектрометрического анализа с предварительной экстракцией. Метод основан на детектировании пропускания излучения в ИК-области спектра с длиной волны 3,42 мкм через анализируемый экстракт нефтепродуктов в четыреххлористом углероде. С-Н связи метильных и метиленовых групп интенсивно поглощают ИК-излучение. Для удаления соединений других классов от определяемых нефтепродуктов экстракты пропускали через колонку с активированным оксидом алюминия. Учет входящих в состав нефтепродуктов

ароматических углеводов, не поглощающих в этой области, осуществляли с помощью специального искусственного стандарта, содержащего 25 % бензола.

Микробиологический анализ проведен для обнаружения и подсчета общих и термотолерантных колиформных бактерий, ОКБ и ТКБ соответственно. Чашки Петри с мембранными фильтрами (рис. 4) в питательных средах на подложке из агар-агара выдерживали в термостате при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 24 ч, в последовательном разбавлении в 10 , 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^5 раз. Через мембранные фильтры были пропущены пробы воды в соответствующем разведении в объеме 100 мл каждая по сравнению с контролем. Образующиеся колонии бактерий характеризовались наличием наростов в среде чашек в виде образований с характерным металлическим блеском: золотистых и красных. К золотистым колониям относят как ОКБ, так и ТКБ, к красным – только ТКБ.

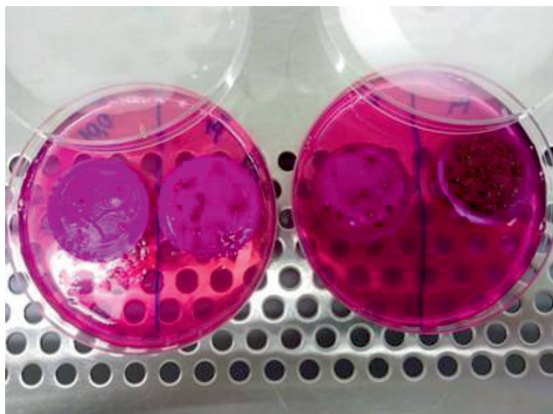


Рис. 4. Чашки Петри с мембранными фильтрами

Для подтверждения правильного определения типа колоний бактерий (ОКБ или ТКБ) проведен оксидазный тест в пробирках (рис. 5). Для этого колонию количественно переносили в тест-пробирку с помощью обеззараженной микробиологической петли. Пробирка с агаром, окрашенным в синий цвет – контроль. Изменение цвета с синего на желтый и образование пузырьков газа свидетельствуют о наличии ОКБ при выдерживании образца в течение 24 ч при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ и ТКБ при температуре $41 \pm 1^\circ\text{C}$. В первых трех чашках наблюдали сплошной рост бактерий, что не дало возможности количественно

определить показатели ОКБ и ТКБ. При разбавлении в 10^4 также наблюдали рост колоний с их конгломерацией («срастанием» друг с другом). Наиболее подходящее для количественного определения ОКБ и ТКБ в нашем случае было разведение в 10^5 раз. Далее количество ОКБ и ТКБ рассчитывали с учетом разбавления и объема фильтрата и результат представляли в виде количества ОКБ или ТКБ в 100 мл пробы воды.



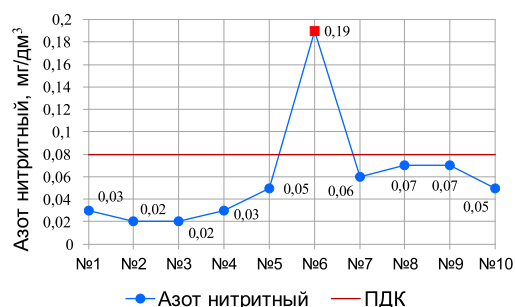
Рис. 5. Оксидазный тест

Результаты количественного анализа получены согласно методикам выполнения измерений. За результат количественного химического анализа принята медиана, полученная из трех параллельных определений. В аккредитованной лаборатории разработана и внедрена процедура внутрилабораторного контроля качества результатов исследований, что подтверждено удовлетворительными результатами контроля показателей качества используемых методик.

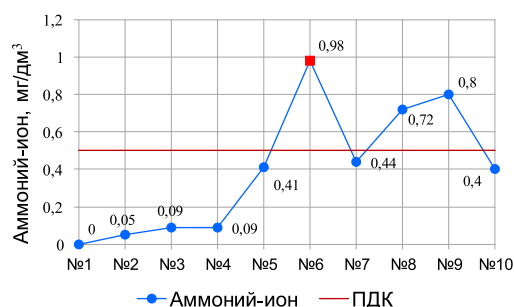
На рис. 6 графически представлены результаты количественного химического анализов (а)–(ж) и микробиологического анализов (з)–(к). Из результатов анализов следует, что точка сброса стока (точка б) оказывает сильное влияние на загрязнение р. Кубань. Повышенное содержание азота нитритного (а) и аммоний-иона (б) приводит к изменению прозрачности и запаха воды. В свою очередь изменение органолептических свойств вызывает рост болезнетворных бактерий. Повышенные значения данных компонентов в стоке свидетельствуют о том, что сток относится к бытовым сточным водам, очистка которых проводится не на должном уровне. Увеличение содержания нефтепродуктов

(в) (точка 4) показывает влияние нефтеперерабатывающего завода, очистные сооружения которого нуждаются в реконструкции. Резкое увеличение в стоке (точка 6) БПК₅ (е) и ХПК (ж) говорит о биологическом и химическом загрязнении, что в свою очередь снижает содержание растворенного кислорода. Известно, что снижение растворенного кислорода приводит

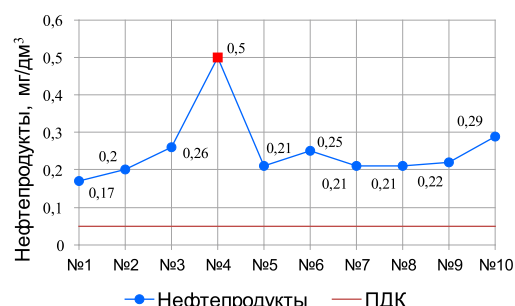
к усилению неприятного запаха водоема и его заражению патогенными микроорганизмами. Кратность превышения по ПДК общих (з) (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (и) (ТКБ) отражает негативное воздействие поверхностных и бытовых стоков жилых застроек и предприятий города и поселков, расположенных вдоль береговой линии р. Кубань.



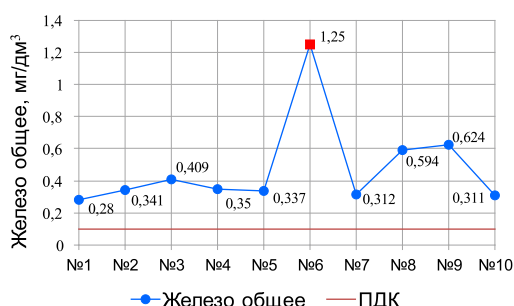
а)



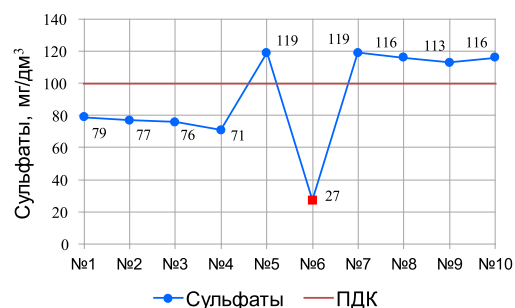
б)



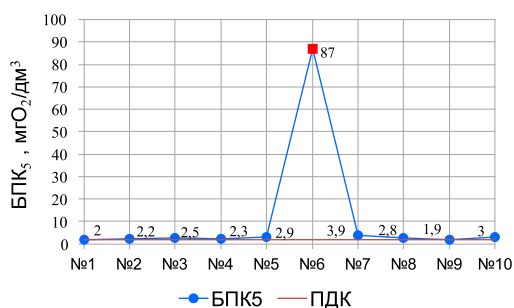
в)



г)



д)



е)

Рис. 6. Результаты анализов: (а)–(ж) – количественный химический анализ; (з)–(к) – микробиологический анализ (начало рисунка)

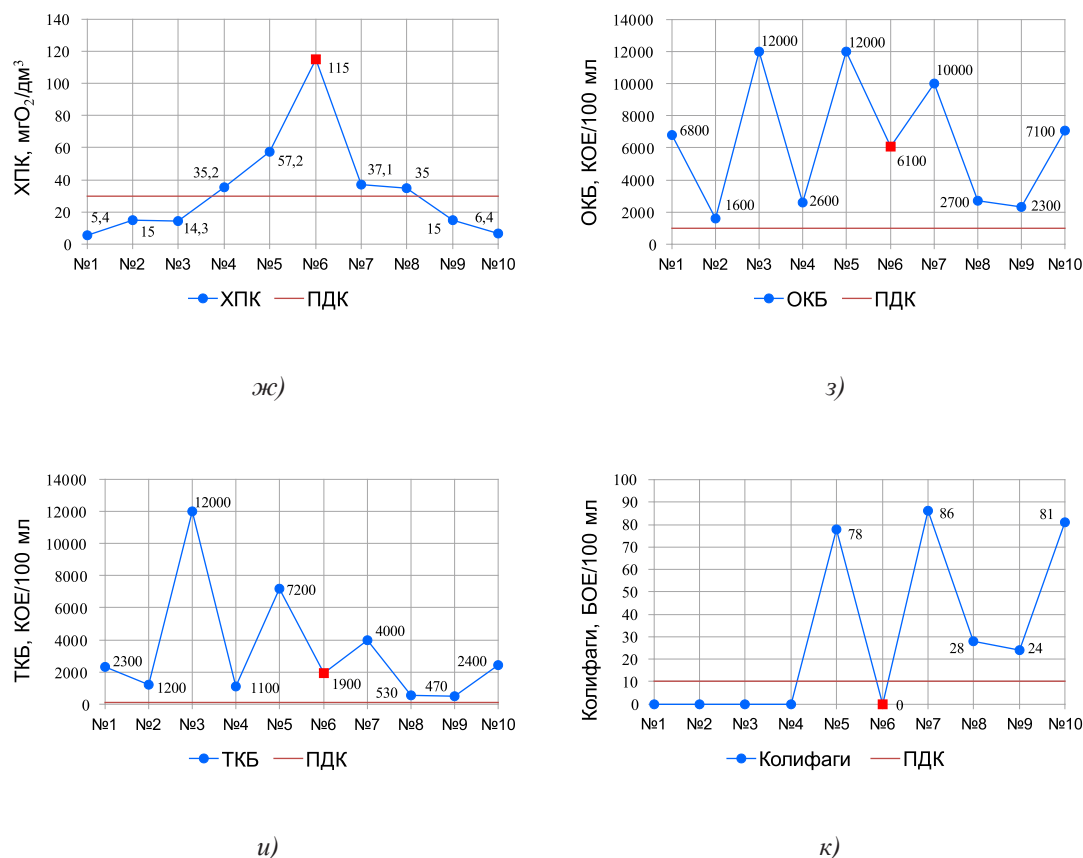


Рис. 6. Результаты анализов: (а)–(ж) – количественный химический анализ; (з)–(к) – микробиологический анализ (окончание рисунка)

Заключение

По результатам количественного химического и микробиологического анализов сделан вывод, что р. Кубань загрязнена нефтепродуктами, взвешенными веществами, ионами аммония, нитрит-ионами, железом, общими колиформными бактериями, термотолерантными колиформными бактериями. Наличие колифагов (рис. 6, г) свидетельствует о возможном присутствии опасных патогенных вирусов. Приведенные показатели относятся к характеристике загрязненных бытовых сточных вод. Повышение экологической безопасности р. Кубань напрямую связано с модернизацией очистных сооружений.

Список литературы / References

1. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. Влияние антропогенных и иных факторов на изменение водных экологических систем бассейна реки Кубань // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 9 (146). С. 197–203.
2. Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. The influence of anthropogenic and other factors on the change of aquatic ecological systems of the Kuban river basin // Izvestiya

SFedU. Engineering Sciences. 2013. № 9 (146). P. 197–203 (in Russian).

3. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. К вопросу влияния состояния водных объектов бассейна реки Кубань на обострение проблемы йододефицита // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2014. № 4. ч. 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2639> (дата обращения: 28.02.2019).

Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. To the question of influence of the state of water bodies of the Kuban River basin on the worsening of iodine deficiency problem // Electronic scientific journal «Engineering Bulletin of the Don». 2014. № 4. p. 2 [Electronic resource]. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2639> (date of access: 28.02.2019) (in Russian).

4. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. Анализ воздействия загрязняющих веществ на поверхностные водные объекты // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. «Экология 2009 – море и человек». 2009. № 7. С. 135–139.

Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. Analysis of the impact of pollutants on surface water bodies // Izvestiya SFedU. Engineering Sciences. Thematic issue. «Ecology 2009 – the sea and human». 2009. № 7. P. 135–139 (in Russian).

5. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. К вопросу влияния гидробионтов на качество воды в водных объектах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 9 (122). С. 145–152.

Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. To the question of influence of hydrobionts on the quality of water in water bod-

ies // Izvestiya SFedU. Engineering Sciences. 2011. № 9 (122). P. 145–152 (in Russian).

5. Иванова В.В. Особенности гидрографии реки Кубань и степень ее загрязнения // Экологический вестник Северного Кавказа. 2012. Т. 8. № 1. С. 80–84.

Ivanova V.V. Kuban river hydrography peculiarities and degree of its pollution // Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2012. Vol. 8. № 1. P. 80–84 (in Russian).

6. Доклады Министерства природных ресурсов Краснодарского края «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края» (2010–2017 гг.). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mprkk.ru/ob-okruzhayuschej-srede/o-sostoyanii-okruzhayuschej-sredy/ezhegodnyj-doklad-o-sostoyanii-prirodopolzovaniya-i-ohrane-okruzhayuschej-sredy-krasnodarskogo-kрая/> (дата обращения: 28.02.2019).

Reports of the Ministry of Natural Resources of the Krasnodar Region «On the state of environmental management and environmental protection of the Krasnodar Region» (2010–

2017) [Electronic resource]. URL: <http://www.mprkk.ru/ob-okruzhayuschej-srede/o-sostoyanii-okruzhayuschej-sredy/ezhegodnyj-doklad-o-sostoyanii-prirodopolzovaniya-i-ohrane-okruzhayuschej-sredy-krasnodarskogo-kрая/> (date of access: 28.02.2019) (in Russian).

7. РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям».

8. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году». Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Electronic resource]. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (дата обращения: 28.02.2019).

State report «On the status and use of water resources of the Russian Federation in 2016». Official website of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation [Electronic resource]. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (date of access: 28.02.2019) (in Russian).

УДК 911:599.735.31

**К ВОПРОСУ О ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ
ПОПУЛЯЦИИ КАВКАЗСКОГО БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ
(*CERVUS ELAPHUS MARAL* OGILBY, 1840) НА ПОЛУОСТРОВЕ АБРАУ**

¹Кудактин А.Н., ^{2,3}Быхалова О.Н.

¹ФГБУН «Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова» РАН,

Нальчик, e-mail: kudaktinkavkaz@mail.ru;

²ФГБУ «Государственный заповедник «Утриш», Анапа, e-mail: bykhalovao@mail.ru;

³Российский государственный аграрный заочный университет

Проанализирована фенотипическая структура кавказского благородного оленя из популяций двух федеральных ООПТ – заповедников Утриш и Кавказского биосферного. Современный ареал кавказского благородного оленя на Северо-Западном Кавказе фрагментирован на несколько изолированных участков. Основное поголовье сконцентрировано в Кавказском биосферном заповеднике и сопредельных с ним территориях. Малочисленная изолированная популяция (52 особи) сохранилась в крайней северо-западной части ареала, на полуострове Абрау (заповедник Утриш). Группировка на протяжении как минимум пятидесяти лет изолирована антропогенными барьерами, что могло создать условия высокой вероятности инбридинга. Для анализа фенотипической структуры популяции использовали методику модификационной изменчивости рогов, сброшенных оленями и зафиксированных дистанционно фотоловушками. Авторская методика позволяет выделить феногруппы по строению проксимальной части рогов. Тип феногруппы определяется по степени развития первых трех отростков относительно друг друга. Методика позволяет оценить степень неоднородности популяции и возможные направления доминирования отдельных признаков (фенотипов). При анализе формы рогов самцов выявлены внешние признаки морфологической неоднородности изолированной группировки. По строению терминальной части рога (отростков, образующих корону) выделены четыре феногруппы, а проксимальной (первых трех отростков) – пять, по комбинации проксимальной и терминальной частей – одиннадцать из семидесяти восьми теоретически возможных. Выявлены различия в форме рогов исследуемых популяций. Показан широкий диапазон фенотипической изменчивости популяции благородного оленя в условиях антропогенно изолированной территории с небольшой площадью. В случае передачи признаков по наследству, формирование популяций может пойти разными путями.

Ключевые слова: заповедник Утриш, популяция, экосистема, кавказский благородный олень, рога, морфологическая неоднородность, феногруппы, фенотип

**TO THE QUESTION ABOUT THE PHENOTYPIC STRUCTURE
OF THE POPULATION OF THE CAUCASIAN RED DEER
(*CERVUS ELAPHUS MARAL* OGILBY, 1840) ON ABRAU PENINSULA**

¹Kudaktin A.N., ^{2,3}Bykhalova O.N.

¹A.K. Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories of RAS, Nalchik, e-mail: kudaktinkavkaz@mail.ru;

²State Nature Reserve «Utrish», Anapa, e-mail: bykhalovao@mail.ru;

³Russian State Agrarian Correspondence University

The phenotypic structure of the Caucasian red deer from the populations of two federal protected areas (Utrish and Caucasian biosphere reserves) was analyzed. The modern range of Caucasian red deer in the North-West Caucasus is fragmented into several isolated areas. The main livestock is concentrated in the Caucasus Biosphere Reserve and adjacent territories. A small isolated population (52 individuals) was preserved in the extreme northwestern part of the range, on the Abrau peninsula (Utrish reserve). The group has been isolated by anthropogenic barriers for at least fifty years, which could create conditions for a high probability of inbreeding. To analyze the phenotypic structure of the population, we used the method of modification variability of horns, dropped by deer and recorded remotely by photo traps. The author's method allows you to select the phenogroup on the structure of the proximal horns. The type of phenogroup is determined by the degree of development of the first three processes relative to each other. The method allows to assess the degree of heterogeneity of the population and the possible directions of dominance of individual traits (phenotypes). When analyzing the shape of the horns of males, external signs of the morphological heterogeneity of the isolated group were revealed. According to the structure of the terminal part of the horn (the processes forming the crown), four phenogroups are distinguished, and the proximal (the first three processes) five, according to the combination of the proximal and terminal parts, eleven out of seventy-eight theoretically possible. Differences in the shape of the horns of the studied populations were revealed. A wide range of phenotypic variability of the red deer population is shown in an anthropogenically isolated territory with a small area. In the case of the transmission of characters by inheritance, the formation of populations can go in different ways.

Keywords: Utrish reserve, population, ecosystem, Caucasian red deer, horns, morphological heterogeneity, phenogroups, phenotype

Современное состояние популяции кавказского благородного оленя (*Cervus elaphus maral* Ogilby, 1840) на Западном Кавказе вызывает опасение за судьбу вида в регионе [1–3].

С конца XX в. происходят сокращение численности и высокая фрагментация ареала вида, еще в недалеком прошлом многочисленного и широко распространенного [4–6].

Особый интерес представляет немногочисленная изолированная Западно-Кавказская географическая популяция кавказского благородного оленя, обитающая на границе ареала, в западной части Краснодарского края. По сведениям В.Н. Александрова [7], С.А. Трепета, Р.А. Мнацеканова [8], северо-западная граница современного ареала включает в себя Новороссийский район. Западнее, в охотничьих угодьях Анапского района, уже в 2012–2013 гг. благородный олень, как обитающий вид, не отмечался [9]. Вместе с тем на полуострове Абрау, в заповеднике Утриш, сформировалась и сохраняется изолированная от основного ареала в течение полувека немногочисленная группировка [10]. Теоретически в ней должны наблюдаться признаки инбридинга и генетические изменения, проявляющиеся в фенотипе, поскольку популяция давно прошла нижний порог «жизнеспособной популяции» [11]. В этой связи анализ состояния этой группировки представляет определенный теоретический и практический интерес.

Цель работы: сравнительная оценка фенотипической структуры благородного оленя заповедников Утриш и Кавказского биосферного.

Материалы и методы исследования

Для анализа фенотипической структуры популяции использовали рога, сброшенные оленями ($n = 13$) в период с 2012 по 2017 г. на территории заповедника Утриш, полуостров Абрау, и материалы коллекционных фондов Кавказского биосферного заповедника ($n = 13$), где сконцентрировано современное ядро популяции вида на Западном Кавказе [8]. Эти данные дополнены локациями с фотоловушек ($n = 64$, около 16000 локаций). Исследовали рога самцов с 6-ю и более отростками, отнесенных нами к группе половозрелых.

В работе применялись методы исследования общего строения, проксимальной и терминальной частей рогов.

Сброшенные рога измеряли по методике, предложенной А.А. Фандеевым и В.П. Никольской [12]. Для каждого образца проводились замеры: длина рога, длина первого и второго надглазничных отростков, окружность розетки, длина подкоренного отростка, окружность рога выше надглазничного отростка и ниже короны, длина отростков короны. Выявляли левостороннее или правостороннее расположение (рог правый или левый). Определяли средние показатели каждого параметра.

Форму кроны (короны) рассматривали в соответствии с критериями методики оценки трофеев А.А. Фандеева и В.П. Никольской [12].

Для характеристики формы первых трех отростков разработали оригинальную методику оценки формы проксимальной части рогов. По форме строения проксимальной части рога выделены тринадцать теоретически возможных морфотипов (рисунок). Каждый из них характеризуется степенью развития одного из трех отростков относительно двух других. Суть методики заключается в том, что форма проксимальной части рога зависит от степени развития первых трех отростков: первого надглазничного – 1, второго надглазничного – 2, подкоренного – 3 (рисунок).

Для удобства обработки данных предложена определительная таблица идентификации типов рогов по форме проксимальной части (табл. 1). В основу положена степень развития первого (1) и второго надглазничного (2) и подкоренного (3) отростков относительно друг друга. Основным параметром считалась относительная величина длины каждого отростка в сравнении с двумя другими. Каждый тип характеризуется по трем признакам: 1) размер первого надглазничного отростка относительно второго и подкоренного; 2) размер второго надглазничного отростка относительно первого и подкоренного; 3) размер подкоренного отростка относительно первого и второго надглазничного. Сочетание трех признаков дает комбинацию (тип). Таких комбинаций оказалось тринадцать. Каждый тип обозначили римскими цифрами от I до XIII.

I тип: первый надглазничный отросток меньше 3, но больше 2; второй меньше 1 и 3; подкоренной больше 1 и 2;

II тип: первый надглазничный отросток меньше 3, но равен 2; второй равен 1, но меньше 3; подкоренной больше 1 и 2;

III тип: первый надглазничный отросток меньше 3 и 2; второй больше 1, но меньше 3; подкоренной больше 1 и 2;

IV тип: первый надглазничный отросток меньше 3 и 2; второй больше 1 и 3; подкоренной больше 1, но меньше 2;

V тип: первый надглазничный отросток меньше 3 и 2; второй больше 1, но равен 3; подкоренной меньше 1, но равен 2;

VI тип: первый надглазничный отросток больше 3 и 2; второй меньше 1, но равен 3; подкоренной меньше 1, но равен 2;

VII тип: первый надглазничный отросток больше 3 и 2; второй меньше 1 и 3; подкоренной меньше 1, но больше 2;

VIII тип: первый надглазничный отросток больше 3 и 2; второй меньше 1, но больше 3; подкоренной меньше 1 и 2;

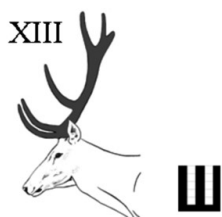
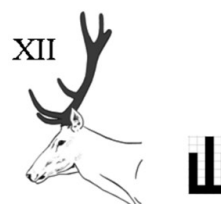
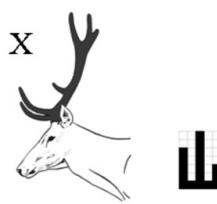
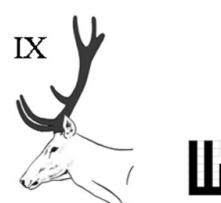
IX тип: первый надглазничный отросток больше 3, но равен 2; второй равен 1, но больше 3; подкоренной меньше 1 и 2;

X тип: первый надглазничный отросток больше 3, но меньше 2; второй больше 1 и 3; подкоренной меньше 1 и 2;

XI тип: первый надглазничный отросток равен 3, но больше 2; второй меньше 1 и 3; подкоренной равен 1, но больше 2;

XII тип: первый надглазничный отросток равен 3, но меньше 2; второй больше 1 и 3; подкоренной равен 1, но меньше 2;

XIII тип: первый надглазничный отросток равен 3 и 2; второй равен 1 и 3; подкоренной равен 1 и 2.



Варианты формы проксимальной части рогов (первых трех отростков)
кавказского благородного оленя *Cervus elaphus maral* Ogilby, 1840

Таблица 1

Определительная таблица для идентификации типов рогов по форме проксимальной части (первых трех отростков)

1 Первый над- глазничный отросток	Тип	2 Второй надглазничный отросток								3 Подкоренной отросток
		Меньше 1, больше 3	Меньше 1, меньше 3	Меньше 1, равен 3	Больше 1, больше 3	Больше 1, меньше 3	Больше 1, равен 3	Равен 1, больше 3	Равен 1, меньше 3	Равен 1, равен 3
Меньше 3, больше 2,	I									Больше 1, больше 2
Меньше 3, равен 2	II									
Меньше 3 меньше 2,	III									
Больше 3, больше 2	IV									Больше 1, меньше 2
	V									Меньше 1, равен 2
	VI									
Больше 3, равен 2	VII									Меньше 1, больше 2
	VIII									Меньше 1, меньше 2
	IX									
Больше 3, меньше 2	X									
Равен 3, больше 2	XI									Равен 1, больше 2
Равен 3, меньше 2	XII									Равен 1, меньше 2
Равен 3, равен 2	XIII									Равен 1, равен 2

Результаты исследования и их обсуждение

При сравнении среднестатистических результатов промеров сброшенных рогов из популяций заповедников Утриш и Кавказского биосферного, значимых различий в размерах окружности розетки, окружности выше надглазничных отростков и ниже короны, а также преобладание по длине подкоренного среди первых трех не выявлено (табл. 2). Окружность розетки в обеих популяциях составляет 20–21 см, окружность рогов выше надглазничных отростков – 13,5–13,6 см, а ниже короны – около 13 см. Среди первых трех отростков наибольшую длину имеет подкоренной

отросток. Вместе с тем, прослежены некоторые общие закономерности, свидетельствующие о преобладании длины первого надглазничного отростка относительно размеров второго в популяции Кавказского биосферного заповедника, что согласуется с данными В.Н. Александрова [7].

По форме кроны рогов выявлены значительные отличия. Четыре типа из шести, в популяции заповедника «Утриш» и только два в Кавказском биосферном (табл. 3). В исследуемых выборках преобладает тип с двойной или разветвленной короной с длинными и толстыми отростками (от 15 см и более), их частота составляет 33–43 % и 50 % соответственно.

Таблица 2

Сравнительная характеристика сброшенных рогов оленя популяций заповедников Утриш и Кавказского биосферного

Измеряемые параметры	Заповедник Утриш (n = 13)	Кавказский биосферный заповедник (n = 13)
Длина рогов, см	84,8	99,0
Длина первых надглазничных отростков, см	21,0	35,0
Длина вторых надглазничных отростков, см	27,0	31,0
Окружность розетки, см	20,0	21,0
Длина подкоренных отростков, см	32,0	36,0
Окружность рогов выше надглазничных отростков, см	13,6	13,5
Окружность рогов ниже короны, см	12,8	13,0
Рога с преобладанием по длине подкоренного отростка (III, I), %	50	80
Рога с преобладанием второго надглазничного отростка (X, XII), %	17	20
Рога с преобладанием первого надглазничного отростка (VIII), %	33	0

Таблица 3

Форма кроны рогов в популяциях кавказского благородного оленя в заповедниках Утриш и Кавказском биосферном

Форма кроны	Заповедник Утриш		Кавказский биосферный заповедник
	Частота встреч в популяции, % (данные фотоловушек) (n = 64)	Частота в популяции, % (рога сброшенные) (n = 13)	Частота в популяции, % (рога сброшенные) (n = 13)
Простая корона, отростки короткие, 5–10 см, тонкие	14	23	0
Простая корона, отростки длинные, 10–15 см, толстые	14	11	0
Простая корона, отростки длинные, более 15 см, толстые	0	33	0
Двойная или разветвленная корона, с короткими и тонкими отростками до 15 см	0	0	50
Двойная или разветвленная корона, с длинными и толстыми отростками от 15 см	43	33	50
Мощная, лопатообразная или чашевидная корона	29	0	0

Таблица 4

Разнообразие морфотипов по форме проксимальной части сброшенных рогов кавказского благородного оленя заповедников Утриш и Кавказского биосферного

Типы рогов по форме проксимальной части	Частота типа в популяции, %	
	Заповедник Утриш	Кавказский биосферный заповедник
I	0	20
II	0	0
III	50	60
IV	0	0
V	0	0
VI	0	0
VII	0	0
VIII	33	0
IX	0	0
X	0	20
XI	0	0
XII	17	0
XIII	0	0

Таблица 5

Разнообразие морфотипов по форме проксимальной части рогов в популяции кавказского благородного оленя заповедника Утриш по фотолокациям (n = 64)

Типы рогов по форме проксимальной части	Частота типа в популяции, %			Среднее, %
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	
I	20	29	20	23
II	0	0	0	0
III	0	0	20	7
IV	0	0	0	0
V	0	0	0	0
VI	0	0	0	0
VII	20	14	0	11
VIII	60	43	40	48
IX	0	0	0	0
X	0	14	20	11
XI	0	0	0	0
XII	0	0	0	0
XIII	0	0	0	0

При обследовании сброшенных рогов, возрастом предположительно старше пяти лет (шесть и более отростков), с применением предложенной определительной табл. 1, выявлено разнообразие типов рогов по форме проксимальной части (табл. 4).

Исследования изменений разнообразия морфотипов по форме проксимальной части рогов в популяции оленя заповедника Утриш по данным фотоловушек 2014–2016 гг. показали несколько отличные результаты (табл. 5).

При ежегодной смене рогов, у половозрелых самцов оленя новые, отросшие рога идентичны прошлогодним по ряду признаков: а) тип кроны (терминальная часть); б) развитие первых трех отростков (проксимальная часть) [13]. Наличие из года в год у одних и тех же особей идентичных форм проксимальной и терминальной частей рога дает основание предположить, что форма первых трех отростков и кроны – наследуемые признаки. Поскольку развитие рогов у благородного оленя тесно коррелирует с массой тела животных [13, 14], то это может касаться абсолютных значений следующих параметров: длина рогов и отростков, толщина, диаметр ствола, размах.

Сопоставление данных о разнообразии типов рогов по форме их проксимальной части (табл. 4) позволило установить преобладание III типа с доминированием по

длине 3-го отростка в исследуемых популяциях. При этом в Кавказском биосферном заповеднике I и X типы представлены равнозначно, а в заповеднике Утриш очевидно преобладание VIII типа относительно XII, почти в два раза.

По данным, полученным с фотоловушек, в популяции заповедника Утриш прослеживается наличие тренда в сторону увеличения доли X и III типов и уменьшения VII типа на фоне преобладания VIII и стабильности I типа по форме проксимальной части рогов (табл. 5).

Известно, что основными факторами, определяющими формирование рогов животных, как одного из морфологических признаков, являются: генотип, физиологическое состояние животного, кормовая база и пищевой рацион, природно-климатические условия [13]. Согласно качественной оценке элементов среды обитания для видов охотничьих ресурсов Краснодарского края, территория заповедника Утриш относится к угольям IV класса бонитета, занимаемая промежуточное положение между средними и плохими. Основные места обитания состоят из неблагоприятных и малоблагоприятных, свойственных виду ключевых участков угодий. Ключевые (самые благоприятные) участки угодий занимают всего 18,4 га (0,2%) и распределены крайне неравномерно [15]. Олени в разные се-

зоны года осваивают примерно половину территории заповедника, с типами угодий среднего качества: относительно плохими кормовыми свойствами, недостаточно устойчивыми урожаями однообразных кормов и т.д. Численность вида в этих стациях никогда не достигает средних и высоких плотностей. Животные здесь могут существовать как биологический вид, постоянно подвергающийся действию неблагоприятных факторов среды обитания.

Более низкие трофейные характеристики рогов с территории заповедника Утриш, по сравнению с Кавказским биосферным, можно объяснить худшими условиями среды обитания. Также можно полагать, что наличие разнообразия типов рогов по форме проксимальной и терминальной частей свидетельствует о влиянии продолжительной изоляции.

Заключение

Анализ популяционных характеристик оленей заповедников Утриш и Кавказского биосферного позволяет говорить, о сходстве морфологических параметров рогов (окружность розетки, окружность выше надглазничных отростков и ниже короны, преобладание длины подкоренного отростка) и единстве генотипа. Меньшая длина штанги, отростков рогов оленей, обитающих в заповеднике Утриш может быть следствием неблагоприятных природно-климатических условий мест обитания и длительной изоляции.

Выявленное направление модификационной изменчивости в сторону снижения трофейных качеств рогов в заповеднике Утриш, при относительном повышении степени неоднородности по форме проксимальной и терминальной части рогов в изолированной популяции может свидетельствовать о ее неблагополучии.

Список литературы / References

1. Гасанов Ш.О., Мустафаева Р.Г. Методы учета и оценки численности парнокопытных животных в горах Закатальского заповедника Азербайджана // Животный мир горных территорий. Сборник трудов конференции. Нальчик, 2009. С. 267–269.
2. Гасанов Ш. О., Мустафаева Р.Г. Methods of account and assessment of number of artiodactyl animals in mountains of the Zakatalsky reserve of Azerbaijan // Fauna of mountain territories. Collection of works of a conference. Nalchik, 2009. P. 267–269 (in Russian).
3. Темботова Ф.А., Пхитиков А.Б. Состояние популяций оленей (Artiodactyla, Mammalia) и их значение как объекта охоты на территории Кабардино-Балкарской республики // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. № 1–5. С. 1357–1362.
4. Tembotova F.A., Phitikov A.B. Condition of Deers Populations (Artiodactyla, Mammalia) and their Value as the Object of Hunting on Territories of Kabardino-Balkarian Republic // Izvestia of RAS SamSC. 2010. № 1–5. P. 1357–1362 (in Russian).
5. Бабаев Э.А., Яровенко Ю.А. Современное состояние популяций кавказского благородного оленя (*Cervus elaphus maral* Ogilby, 1840) и серны кавказской (*Rupicapra rupicapra caucasica* Lydekker, 1910) в республике Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2014. № 4 (29). С. 13–18.
6. Babaev E.A., Yarovenko Yu.A. The Current Status of Caucasian Red Deer (*Cervus elaphus maral* Ogilby, 1840) and the Caucasian Chamois (*Rupicapra rupicapra caucasica* Lydekker, 1910) in the Republic of Dagestan // Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences. 2014. № 4 (29). P. 13–18 (in Russian).
7. Трепет С.А., Ескина Т.Г. Особенности современной динамики популяции благородного оленя (*Cervus elaphus maral*) в Кавказском заповеднике // Зоологический журнал. Российская академия наук. 2017. Т. 96. № 1. С. 99–105. DOI: 10.7868/S0044513417010184.
8. Trepet S.A., Eskina T.G. Modern Dynamics of the Red Deer (*Cervus elaphus maral*) Population in the Caucasian State Nature Reserve // Biology Bulletin. 2017. Vol. 44. Issue 8. P. 875–881. DOI: 10.1134/s1062359017080167.
9. Бозиев М.В., Замаев З.Х., Павлов П.М., Сипко Т.П., Якимов А.В. О благородном олене (*Cervus elaphus maral* Gray, 1850) Кабардино-Балкарии (ФГБУ «Нальчикское РООХ») // NovaInfo. 2017. № 58–4 [Электронный ресурс]. URL: <https://nova.info.ru/article/10711> (дата обращения: 08.02.2019).
10. Boziev M.V., Zamayev Z.Kh., Pavlov P.M., Sipko T.P., Yakimov A.V. About the noble deer (*Cervus elaphus maral* Gray, 1850) of Kabardino-Balkaria. FGBU «Nalchik ROOKh» // NovaInfo. 2017. № 58–4 [Electronic resource]. URL: <https://nova.info.ru/article/10711> (date of access: 08.02.2019) (in Russian).
11. Шебзухова Э.А., Хутиз К.К. История и биология благородного оленя в Кубанском варианте // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2009. № 1. С. 88–98.
12. Shebzukhova E.A., Khutyz K.K. History and biology of a noble deer in the Kuban variant // Bulletin of Adyghe State University. Series 4: Natural Mathematical and Technical Sciences. 2009. № 1. P. 88–98 (in Russian).
13. Александров В.Н. Экология кавказского оленя // Труды КГЗ. Вып. 10. М., 1968. С. 95–20.
14. Aleksandrov V.N. Ecology Caucasian deer // Trudy KGZ. Vyp. 10. M., 1968. P. 95–20 (in Russian).
15. Трепет С.А., Мнацеканов Р.А. Кавказский благородный олень: современное состояние и пути сохранения // Русский охотничий журнал. 2016. № 7. С. 8–11.
16. Trepet S.A., Mnatsekanov R.A. Caucasian deer: current state and ways to preserve // Russkiy okhotnichiy zhurnal. 2016. № 7. P. 8–11 (in Russian).
17. Быхалова О.Н., Кудактин А.Н. Численность и структура популяции Кавказского благородного оленя в заповеднике Утриш // Состояние среды обитания и фауна охотничьих животных России и сопредельных территорий: материалы II Междунар. науч. конф. (Балашиха, 10–11 марта 2016 г.). М., 2016. С. 59–66.
18. Bykhalova O.N., Kudaktin A.N. Population and structure of the Caucasian noble deer population in the Utrish reserve // The state of the habitat and fauna of game animals in Russia and adjacent territories: Materials II Intern. scientific conf. (Balashikha, March 10–11, 2016). M., 2016. P. 59–66 (in Russian).
19. Кудактин А.Н., Быхалова О.Н. Становление популяции кавказского благородного оленя в заповеднике «Утриш» // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России: Материалы 7-й Междунар. науч. конф. М., 2017. С. 283–285.
20. Kudaktin A.N., Bykhalova O.N. Formation of the Caucasian Noble Deer Population in the Utrish Reserve // Preservation of

Animal Diversity and Russia's Hunting Economy: Proceedings of the 7th Intern. scientific conf. M., 2017. P. 283–285 (in Russian).

11. Сулей М. Жизнеспособность популяций. М.: Мир, 1985. 269 с.

Suley M. Viability of populations. M.: Mir, 1985. 269 p. (in Russian).

12. Фандеев А.А., Никольская В.П. Охотничье-промысловые звери и трофеи. М.: Россельхозиздат, 1978. 176 с.

Fandeev A.A., Nikolskaya V.P. Hunting game animals and trophies. M.: Rosselkhozizdat, 1978. 176 p. (in Russian).

13. Данилкин А.А. Биологические основы охотничьего трофейного дела. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 150 с.

Danilkin A.A. Biological bases of hunting trophy. M.: Tovar. Nauch. Izd. KMK, 2010. 150 p. (in Russian).

14. Данилкин А.А. Олени (Cervidae) (Млекопитающие России и сопредельных регионов). М.: ГЕОС, 1999. 600 с.

Danilkin A.A. Deer (Cervidae) (Mammals of Russia and adjacent regions). M.: GEOS, 1999. 600 p. (in Russian).

15. Быхалова О.Н., Рыбченко А.А. Биотехнические мероприятия в заповеднике «Утриш» // Проблемы и перспективы наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана: тезисы докл. науч. конф. (Новороссийск, 23–27 апр. 2018 г.). Севастополь: ФГБУ «Институт природно-технических систем», 2018. С. 175.

Bykhalova O.N., Rybchenko A.A. Biotechnical measures in the reserve «Utrish» // Problems and prospects of the terrestrial and marine ecosystems of the Black Sea region and their protection: abstracts of the repr. scientific conf. (Novorossiysk, April 23–27, 2018). Sevastopol: FGBU «Institut prirodno-tekhnicheskikh sistem», 2018. P. 175 (in Russian).

УДК 550.34

ТОЧНОСТЬ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ГНСС-ДАНЫМ СТАТИЧЕСКИХ СМЕЩЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ**Пупатенко В.В.***Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск,
e-mail: pvv2.dv@gmail.com*

Данные глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), получаемые на стационарных пунктах, позволяют с высокой точностью определять косейсмические (постоянные) смещения земной поверхности, вызываемые сильными землетрясениями. Косейсмические смещения, полученные на большом количестве станций, применяются для определения параметров модели очага землетрясения. Использование результатов кинематической обработки ГНСС-измерений (мгновенных высокочастотных координат станций) вместо результатов статической обработки (среднесуточных координат) даёт возможность делать это практически в реальном времени, с задержкой не более нескольких минут. Построенная модель очага землетрясения может использоваться в первую очередь в системах предупреждения о цунами (СПЦ). Для получения более точных и надёжных результатов необходимо уметь определять смещения одновременно быстро и с наибольшей точностью. Это особенно важно для решения актуальной в настоящее время задачи расширения сферы применимости ГНСС-данных в СПЦ на землетрясения с магнитудой 7–8. В настоящей работе выбран и обоснован наиболее точный метод определения смещений, основанный на усреднении рядов координат с добавлением весовых коэффициентов. Метод оказался точнее практически повсеместно используемого усреднения на 17–32%. Экспериментально получены статистические распределения ошибок определения смещений. Среднеквадратическая ошибка (СКО) определения горизонтальных смещений в среднем по всему миру составляет 5–8 мм, вертикальных – 7–13 мм, в зависимости от продолжительности смещения. Для разных станций точность может отличаться до четырёх раз. СКО определения смещений, полученная для двух ГНСС-станций на Дальнем Востоке России, оказалась различной – порядка 6 и 12 мм для горизонтальных смещений соответственно, что несколько выше среднемировых значений.

Ключевые слова: GPS/ГЛОНАСС, ГНСС, Precise Point Positioning, раннее предупреждение о цунами, косейсмические смещения, точность определения смещений

THE ACCURACY OF DETERMINATION OF RAPID STATIC SLIP CAUSED BY EARTHQUAKES USING GNSS DATA**Pupatenko V.V.***Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, RAS,
Khabarovsk, e-mail: pvv2.dv@gmail.com*

The Global Navigation Satellite Systems (GNSS) data, obtained at the stationary points, make it possible to accurately determine the coseismic (constant) slips of the earth's surface, caused by strong earthquakes. The coseismic slips obtained at a large number of stations are used to determine the parameters of the model of the earthquake source. The use of kinematic processing of GNSS measurements (instantaneous high-frequency coordinates of stations) instead of the results of static processing (average daily coordinates) makes it possible to do this almost in real time, with a delay of no more than a few minutes. The constructed model of the earthquake source can be used, first of all, in tsunami warning systems (TWS). To obtain more accurate and reliable results, it is necessary to be able to determine the offsets at the same time quickly and with the greatest precision. This is especially important for solving the currently relevant problem of expanding the range of applicability of GNSS data in the TWS to the earthquakes with a magnitude of 7–8. In this paper, we selected and argued the most accurate method for slips calculation, based on averaging the coordinate time-series with the addition of weight coefficients. The method was found to be 17–32% more precisely than the most universally used averaging method. The statistical distributions of the slip determination errors were experimentally obtained. On average around the world, the root-mean square error (RMSE) is 5–8 mm for horizontal and 7–13 mm for vertical slips, depending on the duration of the displacement. For different stations, the accuracy may differ by up to four times. The RMSE of slips determination, obtained for two GNSS stations in the Russian Far East, were found to be different, about 6 and 12 mm for horizontal displacements, respectively, which is slightly higher than the world average.

Keywords: GPS/GLONASS, GNSS, Precise Point Positioning, tsunami early warning, coseismic slips, slips determination accuracy

Основной научной сферой применения данных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) продолжают оставаться геодинамические исследования, но их всё чаще применяют для решения задач сейсмологии, связанных с сильными землетрясениями. Данные ГНСС-измерений позволяют регистрировать и определять косейсмические (постоянные) смещения земной поверхности вследствие землетря-

сений, которые используются при моделировании (точнее, определении параметров модели) очага землетрясения [1, 2].

Чаще всего косейсмические смещения определяют по изменению среднесуточных координат геодезических пунктов, но они могут рассчитываться также и с использованием так называемой кинематической обработки, в результате которой получаются временные серии практически мгновенных

координат с малым шагом дискретизации, обычно 1 с или даже менее [3, 4]. Кинематическая обработка ГНСС-измерений может проводиться с высокой точностью и практически в режиме реального времени. Например, при использовании метода Precise Point Positioning (PPP) [4, 5] ошибка определения мгновенного положения антенны находится на сантиметровом уровне. Вычисляемые таким способом косейсмические смещения земной поверхности дают возможность моделировать очаг землетрясения так же, как и при использовании среднесуточных координат ГНСС-антенны. При этом на получение решения после начала землетрясения требуется не больше нескольких минут [1].

Изучение очага землетрясения важно для понимания тектоники и реконструкции геодинамической обстановки в конкретном регионе. Основной же целью оперативного определения параметров модели очага землетрясения является уточнение опасности, которую несёт это землетрясение, в том числе оценка вероятности возникновения цунами. К настоящему времени созданы, тестируются и уже показывают первые результаты работы системы оперативного определения параметров очага землетрясения на основе ГНСС-измерений в Калифорнии [6] и в Японии [7].

Системы раннего предупреждения о цунами (СРПЦ) являются основной и наиболее перспективной сферой применения ГНСС-координат, получаемых в реальном времени [7, 8]. ГНСС-измерения в СРПЦ могут решить проблемы прогноза цунами для побережий, близких к эпицентру землетрясения. Это не только проблема недооценки опасности цунами после сильнейших землетрясений с магнитудой 8,5 и более, но и проблема ложных тревог цунами, подавляющее большинство которых приходится на землетрясения с магнитудой 7–8. Для расширения сферы применения ГНСС-измерений в СРПЦ на эти землетрясения необходимо уметь определять косейсмические смещения быстро и максимально точно.

Вопросы о точности оперативного определения смещений по ГНСС-измерениям остаются малоизученными. Одни из немногих оценок можно найти в работах [1, 9, 10], но они либо приводятся без обоснования, либо получены обработкой методами, неприменимыми в реальных условиях. В настоящей работе проведено сравнение различных методов и определена достижимая точность оперативного определения косейсмических смещений по ГНСС-измерениям.

Материалы и методы исследования

Косейсмическое смещение вычисляется как разность между оценками положения ГНСС-антенны до и после смещения. Если обе эти оценки вычисляются по измерениям, то в общем случае положение ГНСС-антенны можно представить как значение функции, аппроксимирующей соответствующий ряд координат, во время смещения. На практике сложные аппроксимирующие функции практически не используются, наиболее часто положение ГНСС-антенны определяется усреднением ряда координат.

Для моделирования ошибок определения смещений в настоящей работе использован статистический подход. Он, в отличие от аналитического подхода [9], заключается в получении и статистическом анализе выборки ошибок определения смещений (ООС).

Для формирования выборки ООС использованы ряды координат, полученные обработкой в режиме реального времени данных ГНСС-измерений, и не содержащие реальных смещений. Если по таким данным некоторым способом определить смещение, то оно будет численно равно ООС, поскольку в действительности антенна была неподвижна. Этот подход правомерен, так как точность определения координат не зависит от наличия и величины реального смещения, по крайней мере в используемых программах для обработки ГНСС-измерений.

В качестве исходных данных были использованы наблюдения с шагом дискретизации 1 с и суммарной продолжительностью около 2400 суток, полученные на 150 станциях (рис. 1): 148 станциях ГНСС-сетей IGS и CORS, а также на двух станциях, расположенных в Хабаровском крае и обслуживаемых Институтом тектоники и геофизики ДВО РАН. Данные обрабатывались при полной имитации режима реального времени методом PPP, с использованием высокоточных поправок часов и орбит спутников, генерируемых и доступных также в режиме реального времени. Примерно три четверти данных были обработаны ранее в программе BKG Ntrip Client (BNC) и использована в работе [11] для моделирования шума в рядах ГНСС-координат. Остальные измерения относятся к ноябрю 2018 г. и обрабатывались в программе PPP Wizard (<http://www.ppp-wizard.net/>). Так же, как и в работе [11], к рядам координат применялась сидерическая фильтрация, если это было целесообразно. Обе программы дали сопоставимые по точности ряды координат.

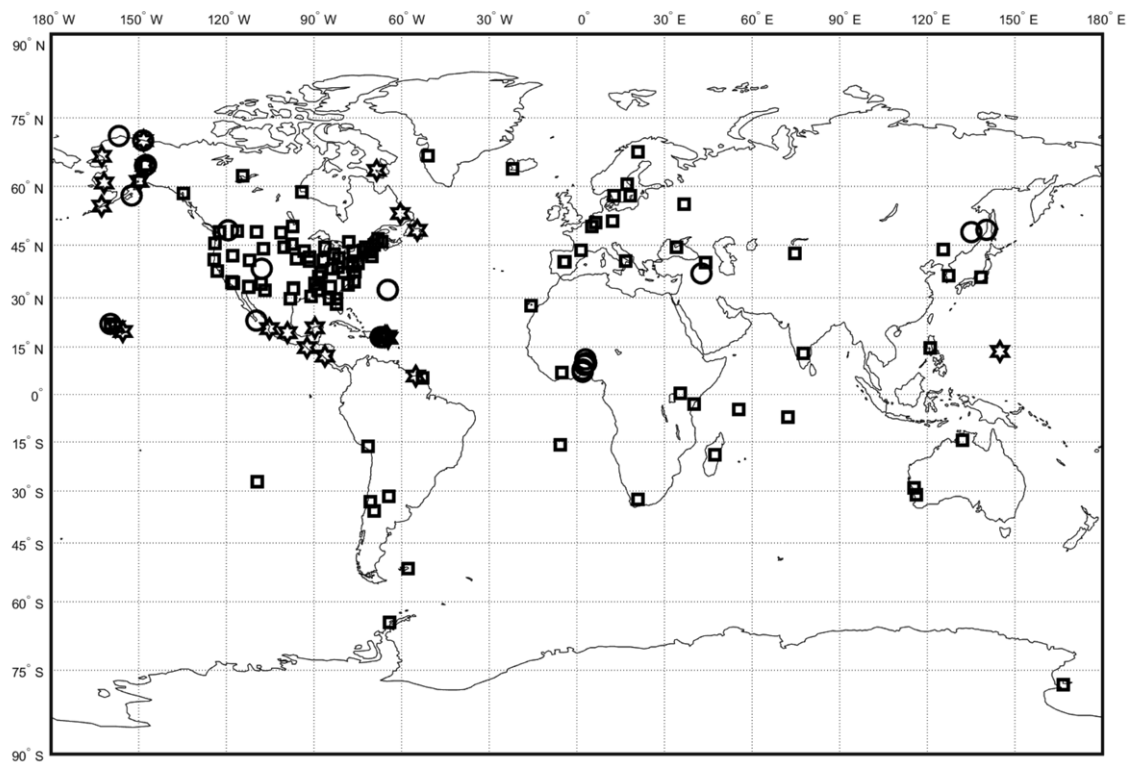


Рис. 1. Используемые в работе ГНСС-станции с данными: квадраты – 2016 г., кружки – 2018 г., звёзды – за оба периода

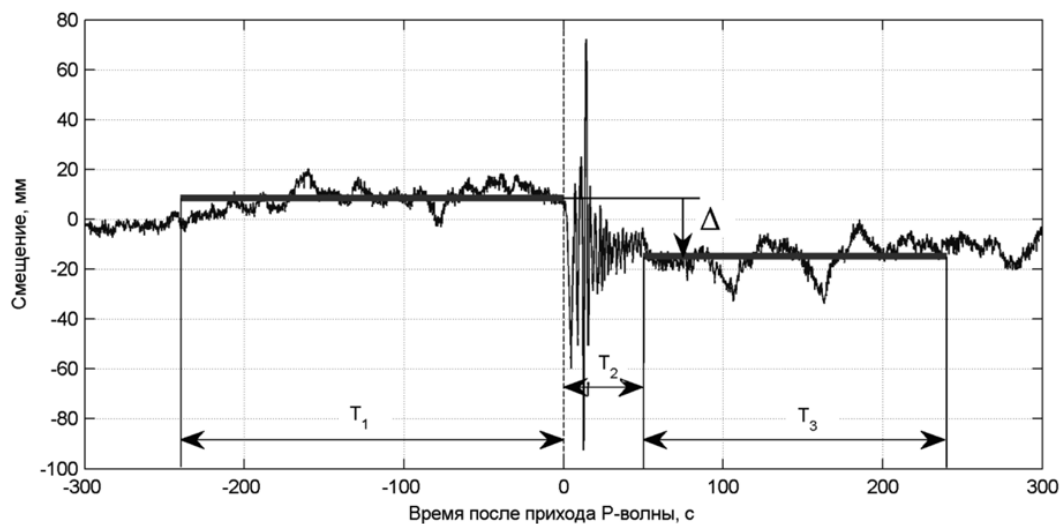


Рис. 2. Схема определения величины смещения усреднением мгновенных значений высокочастотных координат: T_1 , T_3 – длины участков записи до и после смещения; T_2 – длина исключаемого участка записи; Δ – смещение

Используемая схема определения смещений (рис. 2) включает три параметра, влияющих на точность и определяющих величину задержки получения результата. Параметр T_1

определяет длину участка записи до начала смещения. Он не влияет на задержку получения результата и может быть сколь угодно большим. Параметр T_2 определяет длитель-

ность исключаемой записи, не используемой для определения смещения. Она может содержать физическую реализацию смещения и сейсмические волны больших амплитуд. Её продолжительность может быть определена исходя из предварительно полученных оценок магнитуды и эпицентрального расстояния. Параметр T_3 определяет длину участка записи после смещения. Задержка получения решения, таким образом, складывается из параметров T_1 и T_2 .

В настоящей работе были использованы следующие методы определения статических смещений:

1. Усреднение рядов координат.
2. Аппроксимация рядов координат полиномами первой и второй степени.
3. Усреднение рядов координат до и после смещения с добавлением весовых коэффициентов, которые рассчитывались как

$$P(t) = |t - t_0|^W,$$

где t_0 – время в середине вырезаемого фрагмента; W – коэффициент (оптимальное значение определено далее $W = -2,5$). Соответственно, положение до или после смещения определялось по формуле весового среднего:

$$X = \frac{\sum x(t) \cdot P(t)}{\sum P(t)},$$

где $x(t)$ – исходный ряд координат. Следует заметить, что дополнительные весовые коэффициенты для определения статических смещений в известных работах не используются.

Дополнительно к ООС по каждой из компонент (запад-восток, север-юг и вертикальной), определялись ошибки определения полных горизонтальных смещений:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_E^2 + \Delta_N^2},$$

где Δ_E^2 и Δ_N^2 – ООС по компонентам запад-восток и север-юг, соответственно. Основная причина их использования – сильная зависимость соотношения точности определения координат по компонентам запад-восток и север-юг от широты [12], что подтверждается также и данными, полученными нами в работе [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Каждая полученная по всему массиву исходных данных выборка ООС содержала около 1,7 млн значений. В первую очередь было проведено сравнение точности определения смещений вышеперечисленными методами. Для этого для шести пар значе-

ний параметров T_2 и T_3 каждым методом были получены выборки ООС и рассчитаны среднеквадратические ошибки (СКО) определения полных горизонтальных смещений (таблица). Во всех случаях здесь и далее использовалось значение параметра $T_1 = 300$ с.

Приведённые в таблице результаты показывают, что наименее точный способ определения смещений – аппроксимация полиномами. Метод усреднения точнее, и при его использовании не так сильно влияние параметров T_2 и T_3 . Но наибольшую точность показал предложенный метод усреднения с использованием весовых коэффициентов: при значении $W = -2,5$ он даёт ошибки ещё на 17–32% меньше. Таким образом, в качестве оптимального для дальнейших расчётов был принят метод усреднения рядов координат до и после смещения с весовыми коэффициентами. Пример статистического распределения ООС в одной из выборок (при значениях $T_2 = T_3 = 30$ с) показан на рис. 3.

При выбранном методе определения смещений влияние параметров T_1 и T_3 на точность мало, в пределах 5%. Наибольшее влияние на ООС оказывает значение параметра T_2 , то есть длина вырезаемого фрагмента. Зависимости СКО определения смещений от параметра T_2 приведены на рис. 4. Из них следует, что потеря точности определения смещений от минимизации задержки невелика, особенно по сравнению с потенциальной потерей точности из-за завышения неправильно выбранного параметра T_2 . Поэтому, с одной стороны, рационально сократить время задержки получения результата ценой увеличения ошибки в среднем на несколько процентов. С другой стороны, важно правильно подбирать длину вырезаемого фрагмента, не допуская ни её чрезмерного завышения (что значительно повышает ООС), ни тем более занижения (тогда результат будут искажать сейсмические колебания).

Точность определения смещений на разных станциях отличается достаточно сильно, до четырёх раз, хотя, например, СКО на 75% станций при $T_2 = 60$ с, $T_3 = 30$ с попадает в диапазон 4–7,5 мм. Для станций, расположенных в Хабаровском крае, при тех же параметрах были получены следующие оценки СКО: GEO0 (Хабаровск) – 6,2 мм, VANI (п. Ванино) – 12,2 мм. При этом видимой закономерности между точностью и местоположением станции не выявлено, кроме уже упомянутого влияния широты на соотношение точности по компонентам запад-восток и север-юг.

Сравнение методов определения смещений

Метод		СКО определения горизонтальных смещений, мм					
		$T_2 = 30$ с			$T_2 = 60$ с		
		$T_3 = 30$ с	$T_3 = 90$ с	$T_3 = 270$ с	$T_3 = 30$ с	$T_3 = 90$ с	$T_3 = 270$ с
Усреднение		8,0	8,0	8,4	8,6	8,5	8,9
Аппроксимация полиномами	1-й степени	9,6	8,6	8,7	12,8	10,5	10,0
	2-й степени	17,7	10,7	9,6	36,9	16,3	12,6
Усреднение с весовыми коэффициентами	$W = -1$	6,6	6,5	6,6	7,7	7,5	7,6
	$W = -1,5$	6,1	6,0	6,0	7,3	7,2	7,1
	$W = -2$	5,9	5,8	5,8	7,2	7,0	6,9
	$W = -2,5$	5,8	5,8	5,7	7,1	7,0	6,9
	$W = -3$	5,8	5,8	5,7	7,1	7,0	6,9

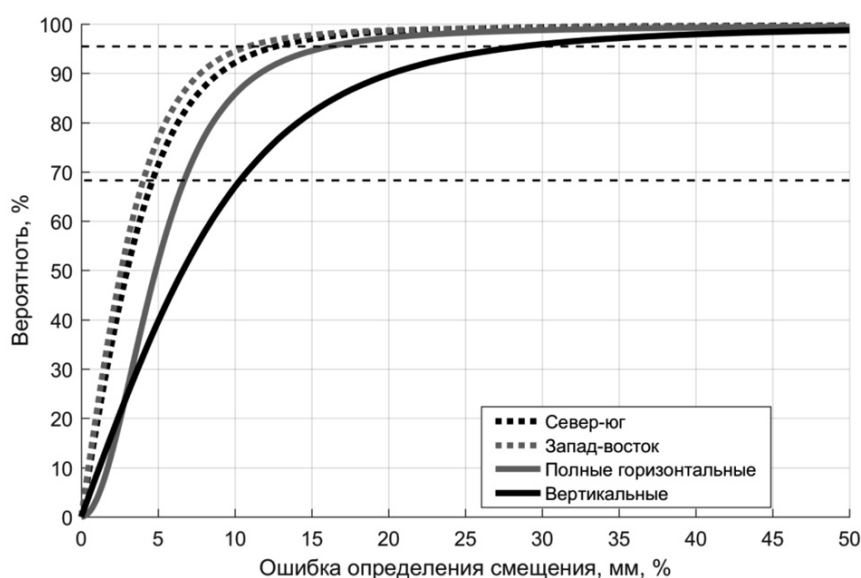


Рис. 3. Пример статистических распределений ошибок определения смещений. Горизонтальными линиями отмечены вероятности 68,27% и 95,45%

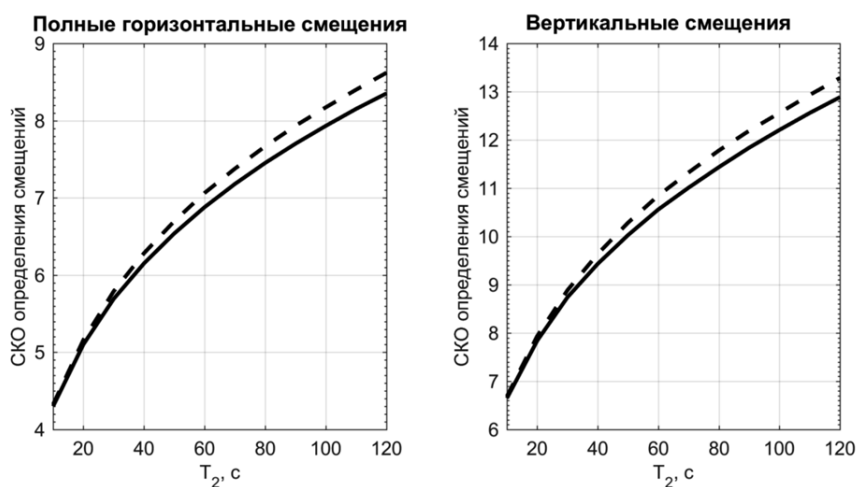


Рис. 4. Зависимости СКО определения смещений от параметра T_2 : сплошные линии – при задержке 5 минут, пунктир – при минимальной задержке ($T_2 + 30$ с)

Выводы

В работе получены следующие основные результаты:

1. Предложен метод усреднения рядов координат до и после смещения с весовыми коэффициентами, который оказался на 17–32% точнее наиболее часто используемого простого усреднения. Точность методов, использующих аппроксимацию рядов координат полиномами, значительно ниже, чем метода усреднения.

2. По результатам статистического анализа получены оценки точности оперативного определения статических смещений по ГНСС-данным. В среднем по всему набору исходных ГНСС-данных, полученных на 150 станциях, среднеквадратическая ошибка определения горизонтальных смещений находится в пределах 5–8 мм (вертикальных – 7–13 мм) и зависит в основном от продолжительности прохождения сейсмических волн больших амплитуд.

3. Точность определения смещений на разных станциях варьирует в широких пределах, но достаточно стабильна во времени и может быть оценена заранее. Такая оценка для двух станций, расположенных в Хабаровском крае (г. Хабаровск, п. Ванино), дала значения СКО горизонтальных смещений 6,2 и 12,2 мм соответственно (при $T_2 = 60$ с, $T_3 = 30$ с).

Полученные оценки точности оперативного определения статических смещений могут использоваться как в виде СКО, так и в виде статистических распределений при проектировании подсистем раннего предупреждения о цунами, использующих ГНСС-данные, и определении возможностей таких систем. При этом нецелесообразным видится расчёт и использование региональных статистических распределений. Для конкретных существующих ГНСС-станций рациональнее рассчитывать индивидуальные статистические распределения ООС, для проектируемых или гипотетических станций – средние общемировые, по возможности с коррекцией на ожидаемые соотношения точности по компонентам запад-восток и север-юг, в зависимости от широты.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00178.

Список литературы / References

1. Wright T.J., Houlié N., Hildyard M., Iwabuchi T. Real-time, reliable magnitudes for large earthquakes from 1 Hz GPS precise point positioning: The 2011 Tohoku-Oki (Japan) earthquake. *Geophysical Research Letters*. 2012. Vol. 39. L12302. DOI: 10.1029/2012GL051894.
2. Шестаков Н.В., Ohzono M., Takahashi H., Герасименко М.Д., Быков В.Г., Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Титков Н.Н., Сероветников С.С., Василенко Н.Ф., Прытков А.С., Сорокин А.А., Серов М.А., Кондратьев М.Н., Пупатенко В.В. Моделирование косейсмических движений земной коры, инициированных глубокофокусным Охотоморским землетрясением 24.05.2013 г., $M_w = 8.3$ // Доклады Академии наук. 2014. Т. 457. № 4. С. 471–476. DOI: 10.7868/S086956521422023X.
3. Shestakov N.V., Ohzono M., Takahashi H., Gerasimenko M.D., Bykov V.G., Gordeev E.I., Chebrov V.N., Titkov N.N., Serovetnikov S.S., Vasilenko N.F., Prytkov A.S., Sorokin A.A., Serov M.A., Kondratyev M.N., Pupatenko V.V. Modeling of coseismic crustal movements initiated by the May 24, 2013, $M_w = 8.3$ Okhotsk deep focus earthquake // *Doklady Earth Sciences*. 2014. Vol. 457. no. 2. P. 976–981. DOI: 10.1134/S1028334X1408008X.
4. Avallone A., Marzario M., Cirella A., Piatanesi A., Rovelli A., Di Alessandro C., D'Anastasio E., D'Agostino N., Giuliani R., Mattone M. Very high rate (10 Hz) GPS seismology for moderate-magnitude earthquakes: The case of the M_w 6.3 L'Aquila (central Italy) event. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2011. Vol. 116. B02305. DOI: 10.1029/2010JB007834.
5. Cai C., Gao Y., Pan L., Zhu J. Precise point positioning with quad-constellations: GPS, BeiDou, GLONASS and Galileo. *Advances in Space Research*. 2015. Vol. 56. no. 1. P. 133–143. DOI: 10.1016/j.asr.2015.04.001.
6. Zumbege J.F., Heftin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., Webb F.H. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 1997. Vol. 102. no. B3. P. 5005–5017. DOI: 10.1029/96JB03860.
7. Grapenthin R., Johanson I.A., Allen R.M. Operational real-time GPS-enhanced earthquake early warning. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2014. Vol. 119. no. 10. P. 7944–7965. DOI: 10.1002/2014JB011400.
8. Kawamoto S., Ohta Y., Hiyama Y., Todoriki M., Nishimura T., Furuya T., Sato Y., Yahagi T., Miyagawa K. REGARD: A new GNSS-based real-time finite fault modeling system for GEONET. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2017. Vol. 122. no. 2. P. 1324–1349. DOI: 10.1002/2016JB013485.
9. Ohta Y., Inoue T., Koshimura S., Kawamoto S., Hino R. Role of Real-Time GNSS in Near-Field Tsunami Forecasting. *Journal of Disaster Research*. 2018. Vol. 13. no. 3. P. 453–459. DOI: 10.20965/jdr.2018.p0453.
10. Langbein J., Bock Y. High-rate real-time GPS network at Parkfield: Utility for detecting fault slip and seismic displacements. *Geophysical research letters*. 2004. Vol. 31. L15S20. DOI: 10.1029/2003GL019408.
11. Yue H., Lay T. Inversion of high-rate (1 sps) GPS data for rupture process of the 11 March 2011 Tohoku earthquake (M_w 9.1). *Geophysical Research Letters*. 2011. Vol. 38. L00G09. DOI: 10.1029/2011GL048700.
12. Пупатенко В.В., Шестаков Н.В. Моделирование шума в рядах высокочастотных ГНСС-координат, получаемых в режиме реального времени // Успехи современного естествознания. 2017. № 2. С. 140–144.
13. Pupatenko V.V., Shestakov N.V. Noise modeling in high-rate realtime GNSS timeseries // *Advances in current natural sciences*. 2017. no. 2. P. 140–144 (in Russian).
14. Wang J., Iz B.H., Lu C. Dependency of GPS positioning precision on station location. *GPS Solutions*. 2002. Vol. 6. no. 1–2. P. 91–95. DOI: 10.1007/s10291-002-0021-7.

УДК 622.691

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕПРОВОДА

Сбродова М.О., Тарасенко А.А., Чепур П.В.

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

Работа посвящена разработке экспертной системы оценки энергоэффективности нефтепровода. Авторы в ходе своего исследования решили следующие задачи: определение исходных данных объекта анализа; разработка инструментария для сбора данных; анализ объекта в контексте цели СППР (система поддержки принятия решений); математическая модель и методика анализа данных; расчёт по предлагаемой методике и алгоритму; описание возможных вариантов и критериев принятия решений; подбор оптимизационной модели; разработка алгоритма принятия решений. На основании выполненных расчетов сделан вывод о том, что работа магистрального насоса при минимальных значениях, а подпорного насоса при максимальных значениях рабочего интервала является наиболее энергоэффективной схемой работы. Показано, что на эффективность работы МН (магистральные насосы) и МНА (магистральные насосные агрегаты) влияют различные факторы. В основном такие, как характеристики насосного оборудования, параметры режима работы МНА, свойства перекачиваемой нефти и т.д. Установлено, что для повышения эффективности использования электроэнергии необходимы следующие мероприятия: разработка ряда оптимальных режимов работ МНА, повышение КПД МНА до величин, коррелирующих с паспортными параметрами, а также мероприятия по осуществлению очистки внутренней поверхности трубопроводов, реализации работы МНА только на режимах, входящих в рабочий интервал, а также снижение общего количества пусков и остановок МНА. Оптимальным, по данным технического анализа, значением потребляемой мощности для насоса типа МН 10000 – 210 является 5,45 МВт. Работу насоса с потребляемой мощностью от 4,88 МВт до 6,09 МВт можно считать энергоэффективной. Наиболее оптимальным значением потребляемой мощности для насоса типа НПВ 3600 – 90 является 886390 Вт (0,88 МВт). Таким образом, работу насоса с потребляемой мощностью от 465650 Вт (0,47 МВт) до 140581 Вт (1,41 МВт) можно считать энергоэффективной.

Ключевые слова: алгоритм, СППР, оптимизационная модель, методы оптимизации, инструментарий, анализ, мониторинг, энергоэффективность, экспертная система

DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM FOR ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY OF OIL PIPELINE

Sbrodova M.O., Tarasenko A.A., Chepur P.V.

Tyumen University of Industry, Tyumen, e-mail: chepur_p_v@mail.ru

The work is devoted to the development of an expert system for assessing the energy efficiency of a pipeline. In the course of their research, the authors solved the following tasks: determination of the initial data of the object of analysis; development of data collection tools; object analysis in the context of the goal of the DSS; mathematical model and data analysis method; calculation by the proposed method and algorithm; description of possible options and decision-making criteria; selection of an optimization model; development of a decision-making algorithm. Based on the calculations, it was concluded that the operation of the main pump at minimum values, and the booster pump at maximum values of the working interval is the most energy-efficient operation scheme. It is shown that the efficiency of the MP and MPU is influenced by various factors. Basically, such as the characteristics of pumping equipment, the parameters of the MPU operation mode, the properties of the pumped oil, etc. It has been established that to increase the efficiency of electricity use, the following measures are needed: the development of a number of optimal MPU operation modes, an increase in MPU efficiency to passport parameters, as well as measures to clean the internal surface of pipelines, decrease MP starts and stops, and MPU operation only in operating mode interval. The optimal value of power consumption for the pump MN 10000 – 210 is 5.45 MW. The operation of the pump with a power consumption of 4.88 MW to 6.09 MW can be considered energy efficient. The optimal value of power consumption for the pump NPS 3600 – 90 is 886.39 kW (0.88 MW). The operation of the pump with a power consumption from 465.65 kW (0.47 MW) to 1405.81 kW (1.41 MW) can be considered energy efficient.

Keywords: algorithm, DSS, optimization model, optimization methods, tools, analysis, monitoring, energy efficiency, expert system

Возникновение экспертных систем связано со значительными практическими результатами в применении и развитии методов искусственного интеллекта, машинного обучения. В их основе лежит совокупность научных дисциплин, посвященных изучению методов решения задач инновационного, интеллектуального и творческого характера с применением ЭВМ.

Создание искусственного интеллекта (ИИ) началось более чем сорок лет назад.

Изначально рассматривался ряд весьма сложных задач, которые и по настоящее время являются предметом серьезных исследований. В этой предметной области стоят следующие задачи: машинный перевод, распознавание изображений и анализ сцен, алгоритмизация роботов, автоматические доказательства теорем, стратегии игр.

Экспертная система – это широкий перечень программ, задача которых – выполнять функции эксперта при решении

задач заданной предметной области. Экспертные системы, как правило, выдают рекомендации, проводят анализ, дают консультации, способствуют установлению диагноза. Применение экспертных систем на предприятиях, с практической точки зрения, способствует эффективности работы и повышению квалификации специалистов.

Наиболее значимым достоинством экспертных систем является возможность накопления информации, знаний и сохранение их в течение длительных промежутков времени [1].

Цель исследования: разработка экспертной системы оценки энергоэффективности нефтепровода.

Основными задачами, поставленными в исследовании, являются:

- определение исходных данных объекта анализа;
- разработка инструментария для сбора данных;
- анализ объекта в контексте цели СППР;
- математическая модель и методика анализа данных;
- расчёт по предлагаемой методике и алгоритму;
- описание возможных вариантов и критериев принятия решений;
- подбор оптимизационной модели;
- алгоритм принятия решений.

Материалы и методы исследования

В настоящее время существует множество систем, датчиков, инструментов и прочих приспособлений для сбора данных, а также большое количество компьютерных программ, для обработки массивов информации и оформления их в необходимую базу данных.

В настоящей работе в качестве инструмента для сбора базы данных выбран наиболее простой способ – наблюдение и составление базы данных вручную оператором технологического оборудования.

Основные затраты при перекачке нефти по трубопроводам приходятся на электроэнергию. Таким образом, основным критерием эффективности работы магистрального нефтепровода и магистральных насосных агрегатов являются затраты электроэнергии [2–4]. Принцип минимизации затрат электроэнергии на перекачку нефти должен соблюдаться на всем протяжении технологического цикла перекачки нефти, начиная с процессов планирования режимов работы

МНН и заканчивая контролем фактических показателей перекачки продукта [5].

Учитывая, что существует большое количество возможных режимов эксплуатации нефтепроводов, использовать необходимо именно те, которые обеспечивают наименьшие удельные затраты электроэнергии на перекачку 1 т нефти.

В связи с этим предлагается разработанная авторами экспертная система оценки энергоэффективности нефтепровода.

Результаты исследования и их обсуждение

Энергетические затраты на осуществление перекачки планового объема нефти по технологическому участку нефтепровода можно оценить посредством анализа энергопотребления подключенных насосных агрегатов, работающих «из насоса – в насос» [6]:

$$W = \sum_i^k N_i \cdot G = g \sum_i^k \frac{H_i}{\eta_i} \cdot G, \quad (1)$$

где W – потребление энергии на перекачку заданного объема нефти, Дж;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H_i – напор насосного агрегата, м;

k – кол-во насосных агрегатов;

η – коэфф. полезного действия насосного агрегата;

G – плановый объем нефти, кг;

N_i – потр. мощность насосного агрегата, Вт.

Если брать во внимание первую часть формулы (1), то необходимо найти потребляемую мощность насосного агрегата:

$$N_{\text{потр}} = \frac{N_{\text{пол}}}{\eta}, \quad (2)$$

где $N_{\text{пол}}$ – полезная мощность, Вт;

η – КПД насосного агрегата.

Полезная мощность находится по формуле

$$N_{\text{пол}} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H, \quad (3)$$

где Q – производительность насоса, м³/с.

В качестве основного оборудования выбраны:

– Магистральный насос МН 10000-210, D2 = 495 мм (рис. 1).

Оптимальная производительность $Q_{\text{опт}} = 9600$ м³/ч (2,67 м³/с).

КПД при оптимальной производительности $\eta_{\text{опт}} = 90\%$.

Оптимальный напор $H_{\text{опт}} = 220$ м.

Режим работы насоса считается рациональным при отклонении КПД от оптимального значения в пределах 7%. КПД на границах рабочего интервала равен 83%.

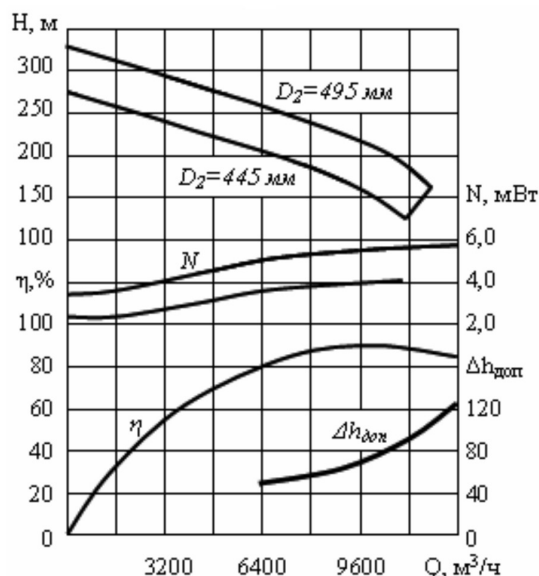


Рис. 1. Характеристика основного насоса МН 10000-210

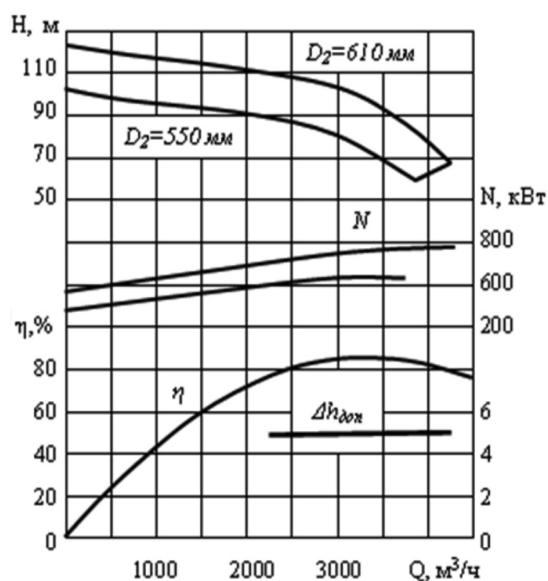


Рис. 2. Характеристика основного насоса НПВ 3600-90

Рабочий интервал насоса принимается $Q_{\text{мин}} = 7000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($1,94 \text{ м}^3/\text{с}$), $Q_{\text{макс}} = 12800 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($3,56 \text{ м}^3/\text{с}$).

В пределах рабочего интервала насоса напор H изменяется от 250 до 170 м.

– Подпорный насос НПВ 3600-90, $D_2 = 610 \text{ мм}$ (рис. 2).

Оптимальная производительность $Q_{\text{опт}} = 3250 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,9 \text{ м}^3/\text{с}$).

КПД при оптимальной производительности $\eta_{\text{опт}} = 85\%$.

Оптимальный напор $H_{\text{опт}} = 100 \text{ м}$.

Режим работы насоса считается рациональным при отклонении КПД от оптимального значения в пределах 7% [7]. КПД на границах рабочего интервала равен 78%.

Рабочий интервал насоса принимается $Q_{\text{мин}} = 2300 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,64 \text{ м}^3/\text{с}$), $Q_{\text{макс}} = 4300 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($1,19 \text{ м}^3/\text{с}$).

В пределах рабочего интервала насоса напор H изменяется от 110 до 68 м.

Плотность перекачиваемой нефти $\rho = 851,6 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

Плановый объем перекачки нефти $G = 100000 \text{ м}^3$.

Зависимость общего КПД от подачи принято изображать в виде графика (рис. 3).

При максимальном КПД насос имеет оптимальную подачу и наиболее эффективно использует потребляемую энергию.

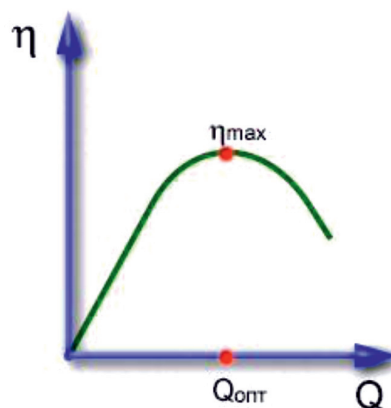


Рис. 3. Зависимость общего КПД от подачи

На практике сложно эксплуатировать насос при оптимальной подаче, поэтому выделяют рабочий интервал. Режим работы насоса считается рациональным, если его подача попадает в этот интервал.

Рабочий интервал выбирается таким образом, чтобы минимальный КПД этого интервала был на 7% меньше, чем максимальный [8] (рис. 4, а).

Изображая напорную характеристику насоса, можно выделить участок, соответствующий наиболее подходящим для данного насоса значениям напора (рис. 4, б).

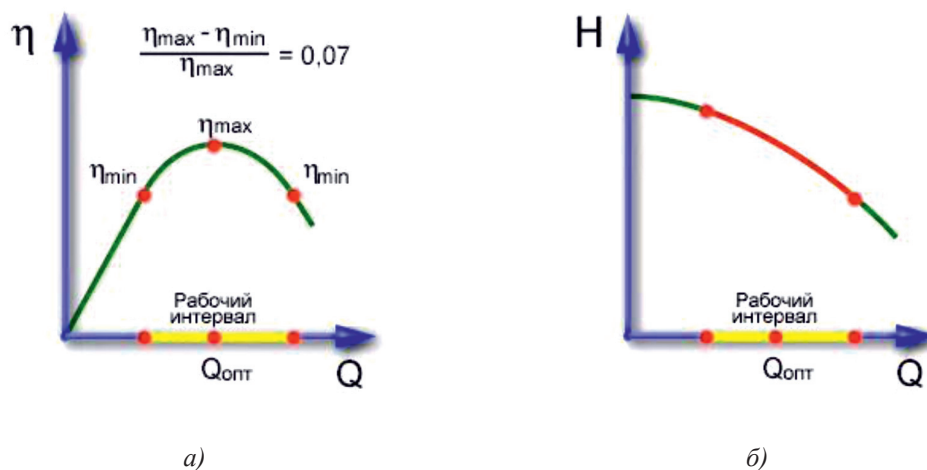


Рис. 4. а, б – Условное изображение «Рабочего интервала» и «Рабочий интервал» на напорной характеристике насоса

Подставив оптимальные значения для МН 10000-210 в формулы (2) и (3), получаем следующее:

$$N_{\text{опт}} = \frac{Q_{\text{опт}} \times \rho \times g \times H_{\text{опт}}}{\eta} = \frac{2,67 \times 851,6 \times 9,8 \times 220}{0,9} = 5446947 \text{ Вт} = 5,45 \text{ МВт.}$$

Так же подставляем значения переменных, находящиеся на границах «рабочего интервала»:

$$N_{\text{мин}} = \frac{Q_{\text{мин}} \times \rho \times g \times H_{\text{мин}}}{\eta} = \frac{1,94 \times 851,6 \times 9,8 \times 250}{0,83} = 4876693 \text{ Вт} = 4,88 \text{ МВт};$$

$$N_{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{макс}} \times \rho \times g \times H_{\text{макс}}}{\eta} = \frac{3,56 \times 851,6 \times 9,8 \times 170}{0,9} = 6085308 \text{ Вт} = 6,09 \text{ МВт.}$$

Для НПВ 3600-90:

$$N_{\text{опт}} = \frac{Q_{\text{опт}} \times \rho \times g \times H_{\text{опт}}}{\eta} = \frac{0,9 \times 851,6 \times 9,8 \times 100}{0,85} = 886388 \text{ Вт} = 886,39 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{мин}} = \frac{Q_{\text{мин}} \times \rho \times g \times H_{\text{мин}}}{\eta} = \frac{0,64 \times 851,6 \times 9,8 \times 110}{0,78} = 754019 \text{ Вт} = 754,02 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{макс}} \times \rho \times g \times H_{\text{макс}}}{\eta} = \frac{1,19 \times 851,6 \times 9,8 \times 68}{0,78} = 866694 \text{ Вт} = 866,7 \text{ кВт.}$$

Для оценки энергоэффективности рассмотрим три варианта работы насосных агрегатов.

1. В первом случае магистральный и подпорный насос работают при оптимальных значениях, тогда, подставив значения в формулу (1), получим

$$W_1 = (5446947 + 886388) \times 100000 = 633333500000 \text{ Дж} = 633333,5 \text{ МДж.}$$

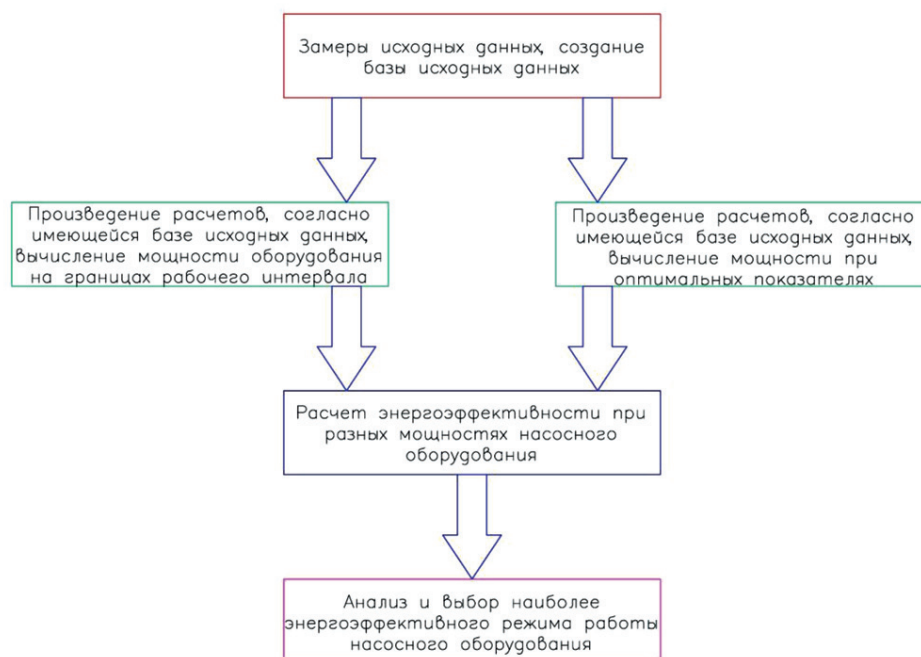
2. Во втором случае магистральный насос работает при минимальных значениях рабочего интервала, а подпорный – при максимальных значениях рабочего интервала:

$$W_2 = (4876693 + 866694) \times 100000 = 574338700000 \text{ Дж} = 574338,7 \text{ МДж.}$$

3. В третьем случае магистральный насос работает при максимальных значениях рабочего интервала, а подпорный – при минимальных значениях рабочего интервала:

$$W_3 = (6085308 + 754019) \times 100000 = 683932700000 \text{ Дж} = 683932,7 \text{ МДж.}$$

На основании вышеизложенных расчетов можно сделать вывод, что работа магистрального насоса при минимальных значениях, а подпорного насоса при максимальных значениях рабочего интервала является наиболее энергоэффективной схемой работы.



$$N_{\text{опт}} = \frac{Q_{\text{опт}} \times \rho \times g \times H_{\text{опт}}}{\eta} \quad - \text{ Формула расчета мощности насосного оборудования}$$

$$W_1 = (N_{\text{маг}} + N_{\text{под}}) \times G \quad - \text{ Формула расчета энергоэффективности насосного оборудования}$$

Рис. 5. Алгоритм анализа и выбора наиболее энергоэффективного режима работы насосного оборудования

Заключение

Анализ показал, что на эффективность работы МН и МНА влияют различные факторы. В основном такие, как характеристики насосного оборудования, параметры режима работы МНА, свойства перекачиваемой нефти и т.д.

Для повышения эффективности использования электроэнергии необходимы следующие мероприятия: разработка ряда оптимальных режимов работ МНА, повышение КПД МНА до паспортных параметров, а также мероприятия по очистке внутренней поверхности трубопроводов, уменьшение пусков и остановок МНА, работы МНА только на режимах, входящих в рабочий интервал.

Оптимальным значением потребляемой мощности для насоса МН 10000 – 210 является 5,45 МВт. Так же отклоне-

ния от данного значения «–0,57 МВт» и «+0,64 МВт» являются нормальными. Работу насоса с потребляемой мощностью от 4,88 МВт до 6,09 МВт можно считать энергоэффективной.

Оптимальным значением потребляемой мощности для насоса НПВ 3600 – 90 является 886,39 кВт (0,88 МВт). Так же отклонения от данного значения «–420,74 кВт (0,42 МВт)» и «+519,42 кВт (0,52 МВт)» являются нормальными. Работу насоса с потребляемой мощностью от 465,65 кВт (0,47 МВт) до 1405,81 кВт (1,41 МВт) можно считать энергоэффективной.

Список литературы / References

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» // Российская газета. 27 ноября 2009 г. Федеральный выпуск № 226 (5050) [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html> (дата обращения: 11.02.2019).

1. Federal Law of the Russian Federation of November 23, 2009 N 261-ФЗ «On Energy Saving and on Increasing Energy Efficiency» // Russian newspaper. November 27, 2009 Federal issue number № 226 (5050) [Electronic resource]. URL: <https://rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html> (date of access: 11.02.2019) (in Russian).
2. Ревазов А.М., Ревазов А.М. Проектирование, управление и организация строительства объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти и газа. М.: ЦентрЛит-НефтеГаз, 2015. 246 с.
3. Revazov A.M., Revazov A.M. Design, management and organization of construction of oil and gas pipeline facilities. M.: TsentrLitNefteGaz, 2015. 246 p. (in Russian).
4. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Gruchenkova A.A. Study of deformations in a large-capacity oil zones in inhomogeneity zones // MATEC Web of Conferences 2016. P. 01025. DOI: 10.1051/mateconf/20167301025.
5. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. М.: Госстандарт России, 2000. 8 с.
6. РД-91.140.50-КТН-043-11. Методика расчёта расхода электроэнергии в трубопроводном транспорте нефти. М., 2011.
7. Земский К.В. Переходные процессы в насосных станциях, работающих в каскаде по схеме «насос в насос»: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2000. 119 с.
8. Zemsky K.V. Transients in pumping stations operating in a cascade under the «pump-to-pump» scheme. Thesis for the degree of candidate of technical sciences. Moscow, 2000. 119 p. (in Russian).
9. Бейзман А.М. Сравнение способов повышения КПД насоса в неоптимальных режимах работы // Политехнический молодежный журнал. 2018. № 4 (21) [Электронный ресурс]. URL: <http://ptsj.ru/catalog/pmc/hydr/297.html> (дата обращения: 11.02.2019). DOI: 10.18698/2541-8009-2018-4-297.
10. Beisman A.M. Comparison of ways to increase pump efficiency in non-optimal operating modes // Polytechnic Youth Journal. 2018. No. 4 (21) [Electronic resource]. URL: <http://ptsj.ru/catalog/pmc/hydr/297.html> (date of access: 11.02.2019). (in Russian).
11. Кричке В.О., Кричке В.В., Громан А.О. Новая эпоха в управлении насосно-трубопроводными комплексами // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 1. С. 20–23.
12. Krichke V.O., Krichke V.V., Groman A.O. New era in the management of pump-pipeline complexes // Modern high technologies. 2009. № 1. P. 20–23 (in Russian).

УДК 551.4

ЯРУСНЫЙ РЕЛЬЕФ В ОБЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОСИСТЕМ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Скрыльник Г.П.*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: skrylnik@tig.dvo.ru*

Объект исследования – «ярусный рельеф», как лестничный или ступенчатый. Цель исследования – выявление «ярусности рельефа» как разноуровневых системных проявлений горного рельефа в рамках КФГО. Материалы – источники литературы, фондовые материалы, результаты натурных наблюдений. Методы – информационный метод, сравнительно-географический метод, палеогеографический метод. Результаты – показывается, что полнота спектров ярусности рельефа может быть определена первичной его приуроченностью к той или иной природной зоне внутри природно-климатического пояса: а) самые простые – в арктических пустынях; самые сложные и богатые – в субтропиках; б) самые бедные – во внутриконтинентальных районах, самые полные – по окраинам континентов. Морфогенетическая значимость ярусности рельефа в организации геосистем Земли постоянно повышается от глобального ее уровня до локального уровня. Возможности появления и функционирования климатического круговорота энергии в границах ярусного рельефа, в сравнении с горным рельефом, существенно сложнее и шире. Здесь в итоге постоянно усложняется «вертикальная» организация ландшафтов. В пределах Дальнего Востока России разным ярусам рельефа соответствует отличный спектр современных рельефообразующих процессов с типовой избирательностью по высотным ярусам: катастрофических, экстремальных (кризисных и критических) и типичных. Морфогенетический вклад, который непосредственно отражается на своеобразии геосистем различных горных территорий (то есть в разных вариантах асимметрии долин низкопорядковых рек в среднегорьи и низкогорьи), был прослежен нами в процессе тематических исследований в полосах на широтных отрезках вдоль профилей на территории российского Дальнего Востока. Заключение – помимо теоретической значимости (раскрытие сущности важной особенности структуры морфологического ландшафта), исследования ярусности рельефа также имеют и практическую значимость – ее оценка с точки зрения формы и способа защиты людей от негативных условий природной среды.

Ключевые слова: рельеф, ярусность, морфологический ландшафт, структура, природная зона

LAYERED RELIEF IN THE OVERALL ORGANIZATION OF MOUNTAIN TERRITORY GEOSYSTEMS

Skrylnik G.P.*Pacific Geographical Institute, FEB of RAS, Vladivostok, e-mail: skrylnik@tig.dvo.ru*

The object of study is «tiered relief» as a ladder or steplike. The aim of the study is to identify the «tiering of relief» as a multi-level systemic manifestations of mountain relief within CFO. Materials: results of the field observations, sources of literature and archive materials. Methods: information method, comparative geographical method, paleogeographic method. Results: the completeness of the spectra of the relief tiering can be determined by its primary confinedness to a particular natural zone within the natural climate: a) the simplest – in the Arctic deserts; the most complex and rich are in the subtropics; b) the poorest – in the inland regions, the most complete – on the margins of the continents. The morphogenetic significance of the relief tiering in the geosystems of the Earth organization is constantly increasing from its global level to the local level. The possibilities of the appearance and functioning of the climate cycle of energy within the boundaries of the tiered relief are much more complex and wider in comparison with the mountainous relief. As a result, the «vertical» organization of landscapes is constantly becoming more complex. Within the limits of Far East of Russia a distinctive range of modern relief-forming processes with typical selectivity in high-altitude tiers (catastrophic, extreme (crisis and critical) and typical) corresponds to different tiers of relief. Morphogenetic contribution, which directly affects the peculiarities of different mountain areas geosystems (in different versions of the asymmetry of low-order river valleys in the middle and low mountains), was traced by us in the process of case studies in the bands on the latitudinal segments along the profiles on the territory of the Russian Far East. Conclusion: in addition to the theoretical significance (revealing the essence of the important features of the structure of the morphological landscape), the study of the relief tiering also have practical significance – its assessment in terms of the form and method of protecting people from the negative environmental conditions.

Keywords: relief, tiering, morphological landscape, structure, natural area

«Ярусность» представляет собой всеобщую географическую закономерность, характерную для всех ландшафтов, как равнинных, так и горных ландшафтов [1, 2]. Причем по отношению к ней «высотная поясность» является как бы вторичной,

поскольку специфична она лишь для гор, в связи с чем по своему географическому содержанию является узким и менее комплексным понятием. Проявляется «высотная поясность» особенно четко в высоких горах низких широт.

Единой общепринятой точки зрения о содержании «ярусности рельефа» и «ярусного рельефа» в настоящее время нет. Причем «ярусный рельеф» зачастую рассматривается, как лестничный или ступенчатый. Самые большие различия в отношении «ярусности рельефа» можно наблюдать тогда, когда ее происхождение связано либо исключительно с морфологической климатической зональностью, либо исключительно с тектоническими факторами – иными словами, с чередованием периодов нисходящего и восходящего развития.

Объектом настоящего исследования является «ярусный рельеф», как лестничный или ступенчатый.

Цель настоящего исследования состоит в обозначении различных точек зрения о содержании таких понятий, как «ярусность рельефа» и «ярусный рельеф»; в предложении самых приемлемых, по мнению автора, формулировок данных понятий; в обозначении актуальности и практической значимости всех теоретических разработок, предлагаемых автором. По большому счету, необходимо выявление «ярусности рельефа» как разноуровневных системных проявлений горного рельефа в пределах комплексной физико-географической оболочки, которые связаны с историей развития гор или климатической зональностью [2].

Материалы и методы исследования – результаты авторских натурных наблюдений [3–5], источники литературы [6–8] и фондовые материалы. Все использованные автором методы (информационный метод, сравнительно-географический метод, палеогеографический метод) находятся среди сквозных методов (направлений) исследования КФГО, которые были разработаны академиком К.К. Марковым с соавторами еще в 1973 г.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведем формулировку, которая, как мы считаем, является самой оптимальной в понимании ярусности рельефа – это последовательная смена типов рельефа с высотой в горах, связанная с историей развития гор или климатической зональностью (вертикальная ярусность рельефа) [2].

Есть также и другие рамки ярусности как уровни, которые заслуживают очень пристального внимания и последующего детального исследования:

а) «континентальный – промежуточный котловин окраинных морей – океанический» [2];

б) «верхний денудационный – снеговой границы – денудационный – абразионно-аккумулятивный» [9];

в) «педиплен – склон – педимент» [2];

г) геоморфологическая триада в двух образах, по определениям К.К. Маркова в 1929 г. (генезис – возраст – морфология) и в 1948 г. (водораздел – склон – долинная поверхность) [9].

Также приведем и другие определения такого понятия, как «ярусность»:

– лестница поверхностей выравнивания (до трех-четырех ярусов), которые разделены зонами расчлененного рельефа [6];

– ступенчатость морфологического ландшафта или литологически обусловленная ярусность [2, 7];

– система поверхностей выравнивания (пенеплены и педиплены; полигенетические, выработанные и аккумулятивные; базисные, вершинные, подбазисные-подводные; региональные и локальные) [7];

– предгорные и межгорные нагорья, характеризующиеся ярусным строением [8].

Особым своеобразием среди последних характеризуются аридные месеты (меза, или mesa, в переводе с испанского языка – стол), их объединяющее начало – это ярусный, столообразный, плоский рельеф. Ими являются аридные тектоно-денудационные образования, которые в природном плане представляют собой равнины с интенсивным, длительным опустыниванием и засушливым типом рельефообразования [8].

Вместе с тем нужно сказать, что все вышеназванные уровни имеют сложную причинно-следственную соподчиненность с главными уровнями организации геосистем нашей планеты (таблица).

По данным проведенных нами исследований, ниже прослеживаются, на Дальнем Востоке и в Сибири, главные черты организации отдельных региональных вышеназванных образований [5]. Последние мы принимаем в качестве разноуровневных системных проявлений горного рельефа в границах КФГО.

Стоит сказать о том, что ярусность рельефа бывает преимущественно или циркуляционной, или радиационной, или ветровой – согласно главенствующему экспозиционному воздействию климата, который проявляется в некоторой избирательности морфолитогенетического эффекта.

Характеристики основных уровней организации ГС планеты Земля (составлено Г.П. Скрыльником в 2003 г.)

Геосистемы и подсистемы	Геоморфосистемы и подсистемы	Ведущие факторы, процессы и условия	Уровни организации	Типы организации	Процессы	«Эффекты» самоорганизации	Тренды устойчивости геосистем
Географическая оболочка	Геоморфосфера	Эндо- и космические	Глобальный уровень организации	Био-геофизический тип организации	Типичные и критические процессы, с участием кризисных процессов и, частично, катастрофических процессов	Возникновение и развитие биосферы; возникновение и развитие природно-климатических поясов	Устойчивость геосистем возрастает «снизу – вверх»
Материки и океаны	Морфотекстуры	Космо- и эндогенные, с весьма существенным участием антропогенных	Континентально-океанский уровень организации	Зональный тип организации	Типичные и критические процессы, с участием кризисных процессов	Океанические и континентальные типы зональности, океанических течений, атмосферной циркуляции	
Провинции (сектора)	Морфоструктуры и морфоскульптуры (мега- и макроформы)	Экзо-эндо- и антропогенные	Региональный уровень организации	Бассейновый тип организации	Типичные процессы с участием критических процессов	Кольцевые структуры, системы ассиметрии и эрозии склонов.	
Районы (фации, ландшафты)	Морфоскульптуры (нано-, микро- и мезоформы)	Антропогенные	Локальный уровень организации	Топологический тип организации: рельеф; почвы; растительность	Типичные процессы	Полигональные формы, меандрирование рек	

Как и любой горный рельеф, ярусный рельеф выступает в качестве азонального ландшафтообразующего фактора. Причем в его структурировании большое значение имеют верхняя граница леса и основные геоморфологические уровни [5, 10, 11]. Будучи продуктом климатической зональности, ярусный рельеф сам в последующем усложняет вертикальную поясность ландшафтов, поскольку он составляет основу предопределения и, соответственно, основу формирования преимущественно локально-региональной дифференциации всех без исключения экспозиционных обстановок, иначе говоря, отражается, как на топологическом уровне КФГО, так и на региональном [5, 12, 13]. В сравнении с горным рельефом, его своеобразие состоит в следующем: организованное сочетание субгоризонтальных, горизонтальных, а также наклонных поверхностей, с более сложной дифференциацией наклонных поверхностей и, как результат – возникновение множества контрастных сложных природно-климатических обстановок экзогенного рельефообразования. Возможности появления и функционирования климатического круговорота энергии и вещества в границах ярусного рельефа, в сравнении с горным рельефом, существенно сложнее и шире. Такой круговорот проявляется в ходе экзогенного воздействия непосредственно (через растительный покров прямо или опосредованно) на лито-, фито- и хионо-субстраты и формирования последовательной смены по высоте типов рельефа (в том числе, выше лесной границы – гольцовой планации, серии нагорных террас и поверхностей выравнивания) [14]. В итоге усложняется «вертикальная» организация ландшафтов и, соответственно, происходит направленное повышение контрастной динамичности их функционирования и дробности их структуры.

В пределах Дальнего Востока России разным ярусам рельефа соответствует отличительная совокупность современных рельефообразующих процессов – то есть по направленности, полноте, а также по скорости протекания (склоновых процессов, водных потоков, физического, химического и криогенного выветривания и так далее). Здесь можно наблюдать явные динамические соотношения процессов, устойчивости и устойчивого развития геосистем (рис. 1). Интенсивные снежные лавины, активные кары, крупные каменные обвалы, мощные селевые потоки – чаще всего в верхнем

ярусе; для среднего яруса более типично – возрождение и активизация курумов, ветровальные явления, солифлюкционное оплывание почвогрунтов и так далее; для нижнего яруса характерно переформирование пойменных комплексов, размыв пойм, катастрофические наводнения.

Причем аномальные процессы для развития ГС – это далеко не всегда плохие явления. Например, *критическими* и частично *кризисными* процессами, «разумно» корректирующими организацию геосистем, повышается их общая устойчивость. Начало перестройки всей в целом организации геосистемы связано с действием *кризисных* процессов, которые объекты выводят из равновесных состояний. Это ведет к их разрушению – к возникновению катастроф. Нужно сказать, что последними, отмечаемыми на нижних уровнях организации ГО, не разрушается геосистема более высоких уровней. Они, имея относительно высокую устойчивость, помимо того, что «залечивают» свои изъяны, но еще и нередко оказывают нижним – локальным ГС «помощь» в восстановлении.

В последние десятилетия возрастает частота повторяемости и воздействия *критических* процессов на геосистему в повышенно энергонапряженных материковых окраинах ДВ России (не только на ю-в Азии, но еще и в атлантическом секторе юга Центральной и Северной Америки). В результате происходит усложнение организации и повышение устойчивости, иначе говоря, направленно происходит возникновение более высокого уровня организации общих геосистем. Причем *аномальные* процессы для геосистем все чаще и чаще становятся обычными, то есть расширяются рамки катастроф (иначе говоря, «природных рисков») [4, 5, 15].

В границах КФГО для нее характерен ряд общих и отличительных системных черт:

1) на глобальном уровне – общие типы, тем не менее, существенно асимметричны в процессе развития, а также по морфогенетическому вкладу по сезонам между северным и южным полушариями. Умеренный природно-климатический пояс северного полушария – это максимальное богатство спектров ярусности рельефа;

2) на континентальном уровне (с зональной организацией) – сходные типы, тем не менее, очень изменчивы по своему вкладу в сезонном процессе развития. Евразия отличается самым большим богатством спектров на данном уровне;

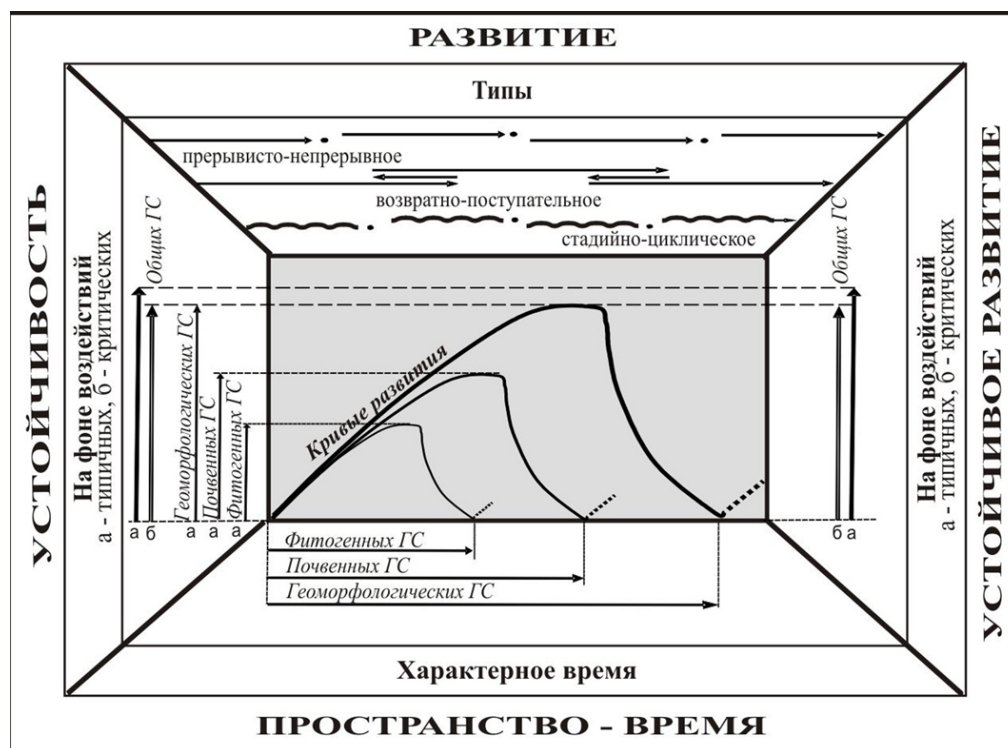


Рис. 1. Принципиальная схема динамических соотношений пространства-времени и типов развития, устойчивости и устойчивого развития геосистем (составлена в 2004 г. Г.П. Скрыльником)

3) на региональном уровне (с бассейновой организацией; в том числе на российском Дальнем Востоке) – различные типы и избирательно (комплексно либо обособленно), которые морфологически проявляются в зональном плане и во времени. Принципиально вполне сравнимы по своему вкладу;

4) на локальном уровне (с топологической организацией) – различные типы, с преобладающим постоянно главенствующим или резко и по-разному обособленным и чередующимся по доле во пространстве и времени, тем не менее с очень четко обозначенным типовым морфогенетическим эффектом.

Полноту спектров ярусности рельефа можно будет определить на основании исходной его приуроченности к той или иной природной зоне внутри ПКП. В субтропиках отмечаются самые сложные и самые богатые ее спектры по вертикали (в силу присутствия в экваториальном поясе высочайших гор) – гигрокриосные, ксерокриосные, ксеротермосные, гигротермосные. Самыми простыми в арктических пустынях являются ксерокриосные. Причем существенно разнятся спектры ярусности рельефа. Более

бедные мы можем наблюдать во внутриконтинентальных районах. Более полные мы можем наблюдать по окраинам континентов. Это обусловлено радиационно-циркуляционными различиями и, по большому счету это связано с взаимоотношениями континентального и регионального уровня организации ГС планеты Земля [3, 4].

Морфогенетическая важность ярусности рельефа в организации ГС планеты Земля в целом направленно возрастает. Причем отметим, что на континентальном уровне ярусность рельефа является наиболее разнообразной и наблюдается в Евразии, а что касается регионального и локального уровней, то она наблюдается в умеренном ПКП в границах восточного сектора – в том числе на Дальнем Востоке Российской Федерации. Здесь вклад ярусности рельефа, непосредственно сказывающийся в своеобразии ГС планеты, отражается в различных вариантах асимметрии долин низкопорядковых рек в среднегорьях и низкогорьях. Мы это проследили в процессе тематических исследований в полосах вдоль профилей по широтным отрезкам на территории ДВ России. На профиле 45° с.ш. обследованию были подвергнуты

восточный и западный макросклон Южного Сихотэ-Алиня; Приханкайская равнина, низкие и средневысотные ПЦ Восточно-Маньчжурской горной страны. На профиле 50° северной широты – пересечены низкогорья передовых цепей системы Янкан-Тукурингра-Джагды, Северный Сихотэ-Алинь, Амуро-Зейско-Буреинская равнина, горы острова Парамушир, Восточно-Сахалинские горы. На профиле 55° северной широты – тематическому исследованию подвергнуты низкогорья передовых звеньев системы Станового хребта, хр. Джугдыр, Верхнезейская депрессия, горы и равнины Камчатки, Удинская депрессия [4, 5].

Отдельные перечисленные выше черты ярусности согласуются с похожими особенностями, отмеченными другими авторами [6, 10, 11].

Ниже иллюстрируются (рис. 2–6) отдельные проявления ярусности рельефа на российском Дальнем Востоке.

Заключение

Помимо теоретической значимости (раскрытие сущности важной особенности структуры морфологического ландшафта), исследования ярусности рельефа также имеют и практическую значимость – ее оценка с точки зрения формы и способа защиты людей от негативных условий природной среды [5, 16, 17].

Например, человеком уже в палеолите для своих потребностей использовались следующие ярусы рельефа – долинный, крипто и приводораздельный, а в ходе последующего расселения и освоения пространств он использовал и иные высотные уровни в границах ярусности рельефа (в Сибири – аласы, в Европе – перевальные седловины в горах, фьордовые берега [16].

Ярусность рельефа в настоящее время успешно используют в ходе выбора рациональных вариантов: в сельскохозяйственной практике (приуроченность пахотной земли к поверхностям ровных ступеней); в дорожном строительстве (к примеру, в процессе сооружения серпантинов в горах); в ходе выбора эстетических вариантов застройки территорий городов, при изысканиях оптимальных местоположений для горных поселков, сельских поселений, туристических баз (в случае возведения их на горизонтальных поверхностях) [17]. Причем избирательно учитывают характер ярусности рельефа и высотной поясности. Результаты их исследования на топологическом уровне

используют в целях определения значения рельефа в массо- и энергообмене между разными элементами ландшафта [4, 12], которые необходимы для реализации рационального природопользования.



Рис. 2. Чукотка. Верховья реки Анапельгино, с четко выраженными тремя высотными уровнями. Фото Г.П. Скрыльникова.

Описание (снизу вверх): террасовый уровень, который осложнен криогенными формами (термокарстовыми озерами, выпуклыми буграми пучения, солифлюкционными оплывинами; наклонная предгорная равнина (100–200 м над уровнем моря), которая отпрепарирована солифлюкционными потоками и которая осложнена термокарстовыми озерами и плоско-выпуклыми буграми пучения; пояс низкогорья (200–1000 м над уровнем моря) – арена развития каменных осыпей и обвалов, солифлюкционных сплывов, линейных и площадных курумов



Рис. 3. Вид из долины р. Колыма на Колымское нагорье. Фото С.А. Лебедева. Описание (снизу вверх):

На заднем плане наблюдаются два очень четких высотных уровня – низкогорье (200–1000 м над уровнем моря) и среднегорье (1000–3000 м над уровнем моря)



Рис. 4. Центральная Камчатская низменность. С востока в низменность врезаются отвесные склоны Восточного хребта. Фото В.Н. Виноградова. Описание: предгорные равнины; обширные болота на наносных отложениях; пояс низкогорья и среднегорья



Рис. 5. Гора Облачная (1854 м над уровнем моря) на юго-востоке хр. Сихотэ-Алинь. Фото В.Н. Чернышова. Описание: В ее границах выделяют следующие ярко выраженные высотные пояса – дубняки и смешанный лес (700–1200 м); елово-тиховый лес (1200–1400 м); пояс карликовых березняков (1400–1500 м), альпийские луга (1500–1600 м), каменные осыпи (1600–1850 м)



Рис. 6. Хр. Южный Сихотэ-Алинь. Фото В.Н. Чернышова. Описание: на центральном плане – базальтовое плато (800–1000 м над уровнем моря), перекрытое площадными курумами, которые очень активно подвергаются процессам бугрообразования и морозного пучения; далее – среднегорный хребет (1000–1500 м над уровнем моря), заросший кедровым стлаником и покрытый каменистыми осыпями

Таким образом, выполняется предметная оптимизация устойчивого развития горных территорий, когда потенциальные природные риски минимизируются.

Список литературы

1. Самойлова С.Ю. Депрессия снеговой границы горных ледников в максимум последнего похолодания (поздний

плейстоцен) и возможности ее оценки // Мир науки, культуры, образования. 2010. № 6–1 (25). С. 242–245.

Samoylova S.Yu. Depression of Equilibrium Line of Mountain Glaciers in the Latest Cooling Maximum (Late Pleistocene), and Methods of its Estimation // World of science, culture, education. 2010. № 6–1 (25). P. 242–245 (in Russian).

2. Тимофеев Д.А., Уфимцев Г.Ф., Онухов Ф.С. Терминология общей геоморфологии. М.: Наука, 1977. 200 с.

Timofeev D.A., Ufimtsev G.F., Onukhov F.S. Terminology of the general geomorphology. M.: Nauka, 1977. 200 p. (in Russian).

3. Скрыльник Г.П. Влияния колебаний континентальности и океаничности на изменения аномальных явлений и процессов на юге российского Дальнего Востока // Теория и методы современной геоморфологии: материалы XXXV Пленума геоморфологической комиссии РАН (Симферополь, 3–8 октября 2016 г.). Симферополь, 2016. Т. 2. С. 303–307.

Skrylnik G.P. Effects of continentality and oceanicity variations on changes of anormal phenomena and processes in the south of the Russian Far East // Theory and methods of the modern geomorphology. Proceedings of the XXXV Plenum of the Geomorphological Commission of RAS. (Simferopol, October 3–8, 2016). V. 2. P. 301–307 (in Russian).

4. Скрыльник Г.П. Пространственно-временная организация геосистем и прогностические аспекты неблагоприятных и опасных явлений на юге российского Дальнего Востока // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике. Материалы Всероссийской конференции «VII Щукинские чтения». М., 2015. С. 175–178.

Skrylnik G.P. Spatio-temporal organization of the geosystems and prognostic aspects of the adverse and dangerous phenomena in the south of the Russian Far East // Geomorphological resources and geomorphological safety: from theory to practice. Proceedings of the All-Russian Conference «VII readings from Shchukin». M., 2015. P. 175–178 (in Russian).

5. Мясников Е.А., Скрыльник Г.П. Геоэкология: устойчивость, уязвимость, геодинамическая опасность геолого-геоморфологических систем урбанизированных территорий Дальнего Востока России // Инженерная экология. 2013. № 3. С. 12–25.

Mysnikov E.A., Skrylnik G.P. Geoecology: stability vulnerability, geodynamic danger of the geologo-geomorphologic systems of the urbanized terrains of the Russian Far East // Engineering ecology. 2013. № 3. P. 12–25 (in Russian).

6. Лопатин Д.В., Сквитина Т.М. Ярусное строение рельефа Приольхонья и острова Ольхон в геоморфологической структуре Западного Прибайкалья // Геоморфология. 2009. № 4. С. 83–91.
- Lopatin D.V., Skovitina T.M. Stepped Relief of the Priolkhonie and Olkhon Island in the Western Pribaikalie // Geomorphology. 2009. № 4. P. 83–91 (in Russian).
7. Уфимцев Г.Ф. Проблема поверхностей выравнивания и ярусного рельефа – возвращение к забытой теме // Земная поверхность, ярусный рельеф и скорость рельефообразования: материалы Иркутского геоморф. семинара чтений памяти Н.А. Флоренсова. Иркутск, сентябрь 2007 г. Иркутск, 2007. С. 85–86.
- Ufimtsev G.F. Problem of surfaces of alignment and level relief – return to the forgotten subject // The Land surface, a level relief and speed of a relyefoobrazovaniye. Materials Irkutsk geomorph. seminar of readings memory of N.A. Florensov. Irkutsk, September, 2007. Irkutsk, 2007. P. 85–86 (in Russian).
8. Чичагов В.П. Аридная геоморфология. Платформенные антропогенные равнины. М., 2010. 514 с.
- Chichagov V.P. Aridic geomorphology. Platform antropogenous plains. M., 2010. 514 p. (in Russian).
9. Марков К.К. Основные проблемы геоморфологии. М., 1948. 344 с.
- Markov K.K. Fundamental problems of geomorphology. M., 1948. 344 p. (in Russian).
10. Гарцман Б.И., Шекман Е.А., Ли К.Т. Порядковая классификация речных водоразделов на основе обработки цифровых моделей рельефа // География и природные ресурсы. 2016. № 4. С. 164–173. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-4 (164-173).
- Gartsman B.I., Shekman E.A., Lee K.T. Order Classification of River Watershed Divides Based on Processing Digital Elevation Models // Geography and natural resources. 2016. № 4. P. 362–370. DOI: 10.1134/S1875372816040119.
11. Макарова Т.Р. Особенности климатической асимметрии в бассейнах малых водотоков на Курильских островах // Фундаментальные исследования. 2014. № 8–6. С. 1388–1392.
- Makarova T.R. Characteristic Of The Climatic Asymmetry In The Basins Of Small Streams On Kuril Islands // Fundamental research. 2014. № 8–6. P. 1388–1392 (in Russian).
12. Кохан В.М. Формирование понимания причинно-следственных связей при изучении рельефа Красноярского края. Красноярск, 2015. 85 с.
- Kokhan V.M. Formation of causal understanding when studying the relief of the Krasnoyarsk Region. Krasnoyarsk, 2015. 85 p. (in Russian).
13. Чеха В.П., Ананьева Т.А., Ананьев С.А. Геоморфология – основные понятия и процессы. Красноярск: КГПУ, 2014. 104 с.
- Chekha V.P., Ananyeva T.A., Ananyev S.A. Geomorphology – basic definitions and processes. Krasnoyarsk: KGPU, 2014. 104 p. (in Russian).
14. Криволицкий А.Е. Рельеф и недра Земли. М., 1977. 302 с.
- Krivolutsky A.E. Earth's relief and interior. M., 1977. 302 p. (in Russian).
15. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Bazarova V.B., Arslanov Kh.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Belyanina N.I., Lyashevskaya M.S. Landscape response to the Medieval Warm Period in the South Russian Far East. Quaternary International. 2019. [Electronic resource]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.006> (date of access: 20.12.2018).
16. Борсук О.А., Кичигин А.Н. Ярусность рельефа и расселение Человека // Земная поверхность, ярусный рельеф и скорость рельефообразования. Материалы Иркутского геоморф. семинара чтений памяти Н.А. Флоренсова. Иркутск, сентябрь 2007 г. Иркутск, 2007. С. 19–20.
- Borsuk O.A., Kichigin A.N. Stratification of relief and resettlement of human // The Land surface, a level relief and speed of a relyefoobrazovaniye. Materials Irkutsk geomorph. seminar of readings memory of N.A. Florensov. Irkutsk. September, 2007. Irkutsk, 2007. P. 19–16 (in Russian).
17. Николаев В.А. Аркаим и ландшафтный экотон Южного Зауралья // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2009. № 5. С. 43–51.
- Nikolayev V.A. Arkaim and the Landscape Ecotone of the Southern Trans-Urals // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2009. № 5. P. 43–51 (in Russian).

УДК 91:001.891.7

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГОРОДСКИХ ПАРКАХ И ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

¹Солодов С.В., ²Луговской А.М.¹ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», Москва,

e-mail: solo-sergei@yandex.ru;

²ГООУ ВО Московской области «Московский государственный областной университет», Мытищи,

e-mail: alug1961@yandex.ru

Актуальность темы исследования состоит в разработке нормативно-правовой основы функционирования особо охраняемых природных территорий (ООПТ), направленной на реализацию Концепции устойчивого развития, экологической безопасности как элемента национальной безопасности страны. Важным аспектом эколого-просветительской деятельности является оценка экономической эффективности осуществления рекреационной функции в условиях города за счет финансирования из городского бюджета. На основе определения основных функций ООПТ и городских парков (ПК) и анализа разработанной нормативно-правовой базы обоснованы особенности функционирования ООПТ и использования их для целей рекреации, оздоровления и туризма в рамках концепции устойчивого развития городской территории. Отмечено, что территории обладают высоким туристским потенциалом, который на данный момент реализован недостаточно и может быть значительно развит. Дана оценка возможности повышения привлекательности ООПТ и ПК для посещения жителями города без нанесения вреда сообществам, сложившимся на этих территориях в условиях максимально приближенных к естественным. Определены возможности создания экологических троп на прилегающих территориях с учетом их зонирования и расположения особо ценных природных объектов в целях повышения привлекательности данных территорий для посещения, создания благоприятной и комфортной среды, обеспечения эколого-просветительской деятельности и повышения экологической грамотности населения на примере исторического наследия лесопарка Кусково. Рекомендована организация в ООПТ и использование на экологических тропах экскурсионного и дистанционного компьютеризированного обслуживания. Предложен анализ затратной части бюджета г. Москвы для повышения эффективности эколого-просветительской деятельности при использовании экологических троп на ООПТ. Даны рекомендации по зонированию ООПТ в целях повышения их устойчивости к повышенной антропогенной нагрузке и сохранения биоразнообразия в условиях города.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории (ООПТ) города, рекреационная деятельность, эффективность природопользования

IMPLEMENTATION OF ECOLOGICAL EDUCATION ACTIVITIES IN CITY'S PARKS AND SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS

¹Solodov S.V., ²Lugovskoy A.M.¹The Moscow City Teachers' Training University, Moscow, e-mail: solo-sergei@yandex.ru;²GOU in the Moscow region «Moscow state regional University», Mytishchi, e-mail: alug1961@yandex.ru

The relevance of the research topic is to develop a regulatory framework for the functioning of specially protected natural areas (SPNA) aimed at implementing the Concept of sustainable development, environmental safety as an element of the national security of the country. An important aspect of environmental education is the assessment of the economic efficiency of the recreational function in the city through funding from the city budget. Based on the definition of the main functions of protected areas and urban parks (PC) and analysis of the normative framework justified by the peculiarities of the environment and use them for the purposes of recreation, health and tourism within the concept of sustainable development of urban areas. It is noted that the territory has a high tourism potential, which is currently implemented insufficiently and can be significantly developed. An assessment of the possibility of increasing the attractiveness of SPNA and PC for residents to visit the city without harming the communities that have developed in these areas in conditions as close as possible to natural. Possibilities of creation of ecological paths in adjacent territories are defined taking into account their zoning and arrangement of especially valuable natural objects for the purpose of increase of appeal of these territories for visit, creation of favorable and comfortable environment, ensuring ecological and educational activity and increase of ecological literacy of the population on the example of historical heritage of It is recommended to organize excursion and remote computerized services in protected areas and use them on ecological trails. The analysis of the expenditure part of the budget is offered. Moscow to improve the effectiveness of environmental education activities in the use of ecological trails on protected areas. Recommendations for the zoning of protected areas in order to improve their resistance to high anthropogenic pressures and conservation of biodiversity in the city.

Keywords: specially protected natural areas of city, recreation, efficiency of environmental management

В настоящий момент в России разработана нормативно-правовая основа функционирования особо охраняемых природных территорий (ООПТ), направленная на ре-

лизацию Концепции устойчивого развития. В нее входят региональные нормативные акты, обеспечивающие функционирование ООПТ регионального значения, в частно-

сти «Об особо охраняемых природных территориях в городе Москве» [1]. В 2014 г. в Москве произошли существенные изменения в системе управления природными территориями, когда было создано государственное природоохранное бюджетное учреждение «Мосприрода», объединившее в себе дирекции природных территорий, осуществляя централизованное управление ими. Одна из его задач состоит в исполнении взятых на себя обязательств по переходу к устойчивому развитию. Важнейшей функцией ООПТ является рекреационная и оздоровительная деятельность на их территории для населения города. Отсюда возникает необходимость совершенствования системы управления ООПТ на различных уровнях, которое невозможно без осуществления мониторинга состояния среды и экологической ситуации ООПТ. Важным аспектом является оценка экономической эффективности осуществления рекреационной функции в условиях города за счет городского бюджета.

Материалы и методы исследования

Концепция устойчивого развития подразумевает эффективность и оптимальность функционирования локальных экологических систем, обеспечивающих стабильность биосферы в целом независимо от происхождения геосистем. Особое внимание уделяется сохранению способности этих систем к развитию, а не сохранение их в некоем «идеальном» состоянии. Под влиянием таких факторов, как загрязнение окружающей среды, деградация природных ресурсов и утрата биологического разнообразия, экологические системы должны сохранять способность противостоять этим изменениям.

ООПТ на территории города выполняют ряд различных функций, в частности защитную, состоящую в уменьшении влияния негативных физических факторов городской среды (шум, вибрация, выпадение пыли и аэрозолей); регуляторную в виде установления баланса газового состава атмосферы города посредством постоянства геохимических циклов углекислого газа и кислорода; стабилизационную в виде сохранения биологического разнообразия для обеспечения устойчивости локальных систем; рекреационно-туристскую, служащую для оптимизации жизни населения.

Для осуществления рекреационно-туристской функции в ООПТ на территории г. Москвы положены следующие принципы:

1) периферийности, отражает расположение по отношению к центру и выделении некоего рубежа;

2) изолированности, состоящий в расположении на значительном удалении от центра или автодорог;

3) специфичности, отражающий степень пригодности к осуществлению рекреационной деятельности;

4) экологической целесообразности, когда имеющийся потенциал может обеспечить эффект в процессе их использования;

5) снижения спроса, выражающийся в потере интереса к использованию территории, снижению численности посетителей;

6) контрастности земель, проявляющейся в сочетании естественных факторов с многообразием локализованных видов [2].

В процессе исследования были поставлены задачи определения эффективности использования ООПТ для осуществления целей рекреации и обеспечения здоровой среды для функционирования жизнедеятельности горожан. В качестве основных были использованы методы научного наблюдения на заложенном полигоне в пределах лесопарка Кусково для выделения экологической экскурсионной тропы, метод анализа полученных результатов при сборе информации во время полевых исследований и нормативно-правовых документов и официальных отчетов.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе проведенного исследования нами был уточнен перечень ООПТ различного назначения в соответствии с законодательством в зависимости от возможностей осуществления рекреационной деятельности и режима охраны, определенного законом. Согласно реестру Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды г. Москвы, в городе имеется 120 ООПТ различных категорий: один ООПТ федерального значения – национальный парк «Лосиный остров» (на территории Москвы площадь составляет 3090 га), восемь заказников: четыре ландшафтных и четыре природных, общей площадью 1769,1 га, 100 памятников природы, занимающих площадь 880 га. Десять территорий площадью 11918,9 га имеют статус природно-исторического парка и одна территория, являясь ботаническим садом, имеет площадь 2,263 га.

Пространственное распределение ООПТ играет существенную роль для организации типа рекреационной деятельно-

сти, ее продолжительности и календарного распределения. Типология по площади, геоморфологическим особенностям и характеру растительности позволила рассчитать максимально допустимую рекреационную нагрузку на ООПТ. Нами были заложены полигоны учета посетителей в районе лесопарка Кусково, причем отмечался тот или иной вид рекреации. Надо отметить, что ни на одном из полигонов исследования превышение максимальной нагрузки по количеству посетителей не наблюдалось.

Нами проведен анализ нормативных документов по организации финансирования рекреационной деятельности в г. Москве. В соответствии с Законом города Москвы от 25.11.2015 № 67 «О бюджете города Москвы на 2016 г. и плановый период 2017 и 2018 гг.» [3] в рамках подпрограммы «Охрана окружающей среды и улучшение экологической ситуации в городе Москве в целях укрепления здоровья населения» государственной программы города Москвы «Развитие здравоохранения города Москвы (Столичное здравоохранение)» [4]. Департаменту природопользования и охраны окружающей среды города Москвы на 2016 г. было предусмотрено финансирование в размере 5 840,2 млн руб. В рамках подпрограммы «Охрана окружающей среды и улучшение экологической ситуации в городе Москве в целях укрепления здоровья населения» государственной программы города Москвы «Развитие здравоохранения города Москвы (Столичное здравоохранение)» (ЦСР 0230000000) [4], с учетом выделения ДПиООС дополнительных ассигнований в течение 2016 г. без внесения изменений в закон о бюджете на текущий год израсходовано 5 976,2 млн руб., что составило 102,3%. В соответствии с Законом города Москвы от 23.11.2016 № 42 «О бюджете города Москвы на 2017 г. и плановый период 2018 и 2019 гг.» Департаменту природопользования и охраны окружающей среды города Москвы предусмотрено финансирование в размере 7 935,3 млн руб. [5].

В условиях города искусственные «зеленые зоны» (парки, сады, скверы и т.д.) выполняют защитные и рекреационные функции, играя особо важную роль, так как основываются в первую очередь как место для отдыха, занятий спортом и развлечений. Они создаются максимально комфортными для пребывания в них человека, за ними осуществляется постоянный уход. Сортимент растений подбирается таким образом, чтобы они могли хорошо приспосабливаться

к условиям города. Среди «зеленых зон» города выделяется группа территорий, имеющих высокий природоохранный статус особо охраняемых природных территорий для сохранения уникальных и типичных природных комплексов, достопримечательных природных образований, объектов растительного и животного мира, их генетического фонда, изучения естественных процессов в биосфере и контроля за изменением ее состояния, экологического воспитания населения в соответствии с Законом об ООПТ г. Москвы [1]. Таким образом, имеется две группы зеленых зон: территории, изначально созданные с целью рекреационного использования, и территории, в которых рекреационная деятельность отводится на второй план и сильно ограничивается.

Рекреационная роль зеленых зон заключается в создании комфортных условий, приближенных по своим свойствам к природной территории: лес, побережье реки или озера, луг. В то же время они лишены негативных составляющих отдыха на природе: наличия грязи, замусоренности территории, кровососущих насекомых, ядовитых змей и других опасных животных, а также отсутствия тропинок, освещения, детских площадок. Имеются рекомендации по обеспеченности жителей городов зелеными территориями. Генеральным планом Москвы на 2015 г. заложена обеспеченность природными территориями 29,8 м²/чел, а на расчетный 2025 г. – 27,8–29,8 м²/чел. [6].

Обеспеченность городских территорий рекреационными зонами позволяет уменьшить количество горожан, стремящихся отдыхать за городом. Это приводит к уменьшению еженедельной миграции жителей. Как следствие, снижается поток личного транспорта, передвигающийся по трассам, что снижает заторы на дорогах, а следовательно, уменьшает загазованность атмосферного воздуха вблизи дорожного полотна, снижает антропогенную нагрузку на природные объекты области. Максимальная роль в депонировании углерода будет принадлежать именно ООПТ.

В то же время часть зеленых территорий города Москвы представляет собой типичные или уникальные природные объекты, сохранившиеся в условиях города [7]. Они могут содержать редкие в условиях Москвы и Московской области виды растений и животных, уникальные природные ландшафты, нести на себе следы истории. Большинство из этих объектов являются уникальными по своей значимости образо-

вательными ресурсами [8]. Данные территории важны для сохранения уникальных объектов животного и растительного мира, а также для изучения их приспособления к жизни в условиях города с использованием такой формы, как экологическая тропа в условиях ООПТ. Например, лесопарк Куусково, имея такие особенности, как наличие усадьбы, сети прудов, а также биоценозов, в различной степени подвергшихся антропогенной трансформации, делает его интересным объектом для проведения экскурсий с группами различного возраста.

Нами разработан план проведения экскурсии по территории лесопарка, включающий в себя семь обзорных точек. Среднее время прохождения маршрута продолжительностью 1,5 км составляет 45–60 мин. Экскурсионный маршрут разрабатывался таким образом, чтобы позволить за минимальное расстояние и время ознакомиться с основными особенностями конкретной природной территории. Особенностью данного маршрута является знакомство не только с природными особенностями территории, но и историей данного парка, что повышает интерес к данной экскурсии и делает ее более востребованной. В ходе проведения экскурсии рассматриваются следующие особенности парка: его история, растительность, как характерная для города, так и не являющаяся обычной, животный мир, сложившиеся сообщества, особенности функционирования территории и сосуществования с человеком, правила поведения на особо охраняемой природной территории.

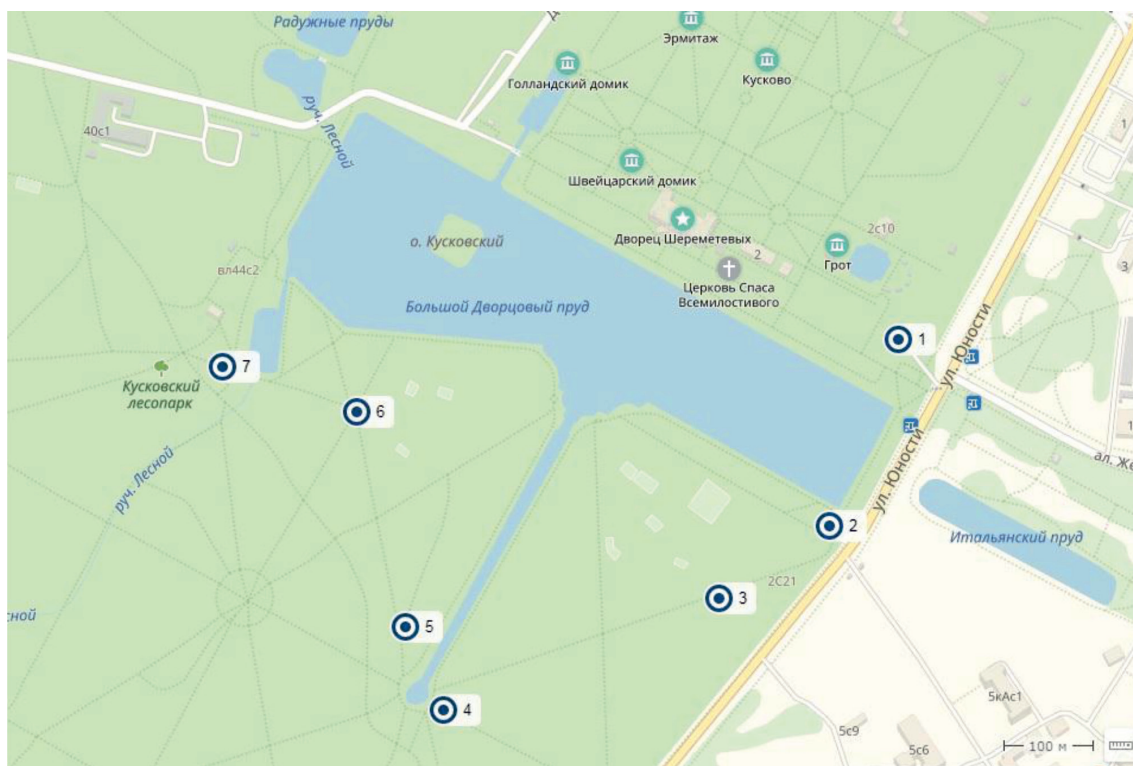
На первой точке посетители парка знакомятся с историческим наследием лесопарка Куусково. С этой точки открывается живописный вид на усадьбу Куусково, парковый ансамбль, включающий в себя регулярный парк и постройку XVIII в., дворцовый пруд примыкающий к усадьбе. Вторая точка расположена на границе пруда и липняка. Здесь происходит знакомство с водоплавающими птицами, обитающими на территории пруда. Раскрываются особенности строения их тела, образа жизни, этологии. Делается акцент на способах подкармливания птиц в зимний период и правильном подборе корма. Третья точка располагается недалеко от входа в парк, в зоне, где шум автомобильного транспорта с улицы Юности уже не мешает ведению экскурсии. Точка располагается в березняке. Здесь идет речь о ярусности леса, особенностях совместного произрастания травянистой

растительности, кустарников и древесных пород. Подчеркивается важность древесных форм в повышении уровня акустического комфорта в городе. Четвертая точка располагается у обводного канала Дворцового пруда. Здесь рассматривается роль обводного канала, история его появления как части планируемой к созданию сети обводных каналов вокруг Москвы в 1935 г. Демонстрируются фотографии данного участка в середине прошлого века, проводится сравнение ширины обводного канала в прошлом с современным. Пятая точка располагается в зоне парковых посадок липы. Здесь показываются отличия сообщества, сформировавшегося естественным образом, от парковых насаждений. Раскрываются понятия: интродуценты, сукцессия. В шестой точке речь идет о представителях травянистых сообществ и о кустарниках: кустарники в данной точке посаженные, облагороженные, а травянистые растения в основном естественные. В седьмой точке рассказывается о представителях околородных растений: ива козья, рогоз, камыш и др.

В заключение подводится итог о важности нахождения в черте города как парковых насаждений, так и естественных сообществ, образующих на территории города крупные лесопарковые массивы, выполняющих функции как сохранения биоразнообразия, так и создания комфортной среды для отдыха человека.

По результатам проведения серии экскурсий для жителей Москвы было отмечено, что данные экскурсии пользуются спросом. Посетители лесопарка интересуются темами, заявленными в экскурсиях. Но экскурсии как форма подачи информации не способна охватить всех посетителей парка.

В связи с этим нами дана рекомендация по оборудованию экологической тропы на данном экскурсионном маршруте. Экологическая тропа, как форма ознакомления с природными и историческими особенностями парка, позволяет существенно расширить охват посетителей парка, дополнительно проинформировать их о правилах поведения в парке и подкормке птиц. Экологическая тропа составлена таким образом, чтобы проходить через наиболее устойчивые к рекреационному воздействию территории. Это позволяет направлять поток посетителей по наиболее безопасному для уязвимых к антропогенному воздействию видов маршруту, снизить рекреационную нагрузку в тех местах, где ее воздействие приводит к наиболее негативным последствиям.



Точки экскурсионного маршрута

Данный пример показывает, что исторические особенности парка, его географическое положение, ландшафтные особенности и флористический состав делают его отличным объектом для знакомства с функционированием природных территорий в черте города, в формировании целостного восприятия окружающего мира и воспитании бережного отношения к окружающей среде.

Таким образом, на территории Москвы имеются различные природные объекты, требующие разного к себе подхода. Но у них есть общая черта: все они выполняют рекреационные функции и подвержены антропогенному воздействию, даже если имеют особый охранный статус.

Заключение

Город создается человеком и для человека, поэтому при проектировании города в первую очередь учитываются интересы человека. В результате особо привлекательными для горожан являются благоустроенные парковые зоны, которые имеют целый ряд недостатков. Это вызвано их удаленностью, размерами, благоустройством, отсутствием площадок для отдыха, отгороженностью и недоступностью из-за не-

возможности подъезда, что снижает их рекреационную ценность.

Для природных территорий необходимо четкое зонирование с целью уменьшения влияния на самые ценные их компоненты и перераспределения потоков посетителей. Зонированию территории способствует оборудование мест отдыха, скамеек, зон со спортивными газонами, пикниковых точек. Это позволит контролировать потоки людей и распределять их на те территории, где рекреационное влияние можно учесть, спрогнозировать и предотвратить его негативные последствия. Требуемые особой охраны территории должны находиться дальше от этих зон, быть менее доступными.

Важным компонентом является информирование населения и развитие экологического просвещения. Посетители должны понимать, что пришли на природную территорию и именно от них зависит ее состояние. Этому способствует организация и использование на всех ООПТ экологических троп с экскурсионным и дистанционным компьютеризированным обслуживанием.

Требуется найти баланс между окультуренностью и естественностью, привести в порядок управление ООПТ, в противном

случае это грозит деградацией естественных экосистем, снижению биологического разнообразия, заселению видами-интродуцентами, а также социальными конфликтами ситуациями и возмущениями граждан из-за ухудшения условий их жизнедеятельности.

Список литературы / References

1. Закон города Москвы от 26 сентября 2001 г. № 48 «Об особо охраняемых природных территориях в городе Москве» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/3630351> (дата обращения: 11.04.2018).
- The law of the city of Moscow of September 26, 2001 No. 48 «About especially protected natural territories in the city of Moscow» [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/3630351> (date of access: 11.04.2018) (in Russian).
2. Квартальнов В.А. Туризм: учебник для вузов. М.: Финансы и статистика, 2002. 320 с.
Kvartalnov V.A. Tourism: College textbook. M.: Finansy i statistika, 2002. 320 p. (in Russian).
3. Закон города Москвы от 25 ноября 2015 г. № 67 «О бюджете города Москвы на 2016 год и плановый период 2017 и 2018 годов (с изменениями на 27 апреля 2016 года)» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/537985006> (дата обращения: 11.04.2018).
- Law of the city of Moscow of November 25, 2015 No. 67 «About city budget of Moscow for 2016 and planning period of 2017 and 2018 (with changes for April 27, 2016)» [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/537985006> (date of access: 11.04.2018) (in Russian).
4. Государственная программа города Москвы «Развитие здравоохранения города Москвы (Столичное здравоохранение)» на 2012–2020 гг. Постановление правительства Москвы от 4 октября 2011г. № 461-ПП [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mos.ru/eco/documents/normativnye-pravovye-akty/view/63014220/> (дата обращения: 11.04.2018).
- The state program of the city of Moscow «Development of health care of the city of Moscow (Capital health care)» for 2012–2020. Resolution of the government of Moscow of October 4, 2011. № 461-PP [Electronic resource]. URL: <https://www.mos.ru/eco/documents/normativnye-pravovye-akty/view/63014220/> (date of access: 11.04.2018) (in Russian).
5. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2016 году» / Под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС; НИиПИ ИГСП, 2017. 363 с.
Report «About state of environment in the city of Moscow in 2016» / ed. by A.O. Kulbachevsky. M.: DPiOOS; NIiPI IGSP, 2017. 363 p. (in Russian).
6. Майорова Е.И., Енгальчева А.Я. Правовые основы сохранения природного комплекса Москвы // Лесной вестник. 2015. Т. 19. № 5. С. 32–39.
Maierova E.I., Engalycheva A.A. Legal basis for the preservation of the natural complex of Moscow // Forestry Bulletin. 2015. V. 19. № 5. P. 32–39 (in Russian).
7. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2015 году» / Отв. Е.Г. Семутникова, И.А. Ширяева, В.В. Видяхин. М.: ДПиООС, 2016. 271 с.
Environmental health report in Moscow in 2015 / Resp. E.G. Semutnikova, I.A. Shiryayev, V.V. Vidyapin. M.: DPiOOS. 2016. 271 p. (in Russian).
8. Луговская Л.А., Луговской А.М., Межова Л.А. Комплексная оценка состояния среды особо охраняемых территорий морфолого-анатомическими фитоиндикационными методами // Экологическое равновесие: Антропогенные изменения географической оболочки Земли, охрана природы. СПб.: Издательство: Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина, 2013. С. 172–176.
Lugovskaya L.A., Lugovskoy A.M., Mezhoa L.A. Comprehensive assessment of the state of the environment of specially protected territories of the morphological and anatomical phytoindication methods // Ecological balance: Anthropogenic changes of the Earth geographical shell, the nature conservation. St. Petersburg: Publishing house: Leningrad State Pushkin University, 2013. P. 172–176. (in Russian).