

# **МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА (региональный аспект)**

**Научно-практический журнал**

Периодичность - 2 выпуска в год

**№ 02 2016**



Воронеж  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

№ 02 2016

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования **А.Ю. Черемисинов**  
**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА** - доктор технических наук, профессор **В.Д. Попело**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Григоров М.С.**, доктор технических наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки и техники РФ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет».

**Ольгаренко В.И.**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет».

**Дедов А.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой земледелия ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

**Свистунов Ю.А.**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой комплексных систем водоснабжения ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет».

**Жердев В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный педагогический университет».

**Житин Ю.И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

**Недикова Е.В.**, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

**СЕКРЕТАРЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **Г.А. Радцевич**

Полная электронная версия журнала в формате XML/ XML+PDF размещена на сайте  
Научной электронной библиотеки (НЭБ) <http://www.elibrary.ru>

Включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

**Статьи и отзывы направлять по адресу:**

г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, кафедра «Мелиорации, водоснабжения и геодезии», к. 369

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

**Контактный телефон:** 8(473)253-73-90

© ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОЛОГИЯ

<b>Жердев В.Н.</b> Концепция рационального использования охраны и управления водными ресурсами малых рек и временных водотоков в деятельности природообустройства.....	6
<b>Рычко О.К.</b> Методические схемы усовершенствования системы платного водопользования в Южно-Уральском регионе.....	11
<b>Абдуев М.А., Садыгов Э.А.о.</b> Основные природные факторы формирования стока растворенных веществ горных рек Азербайджана.....	18
<b>Семенов О.П., Куликова Е.В., Хруцкий С.В., Ревин И.А.</b> Условия питания основных водоносных горизонтов в гидрогеологических районах Центрально-Черноземного региона в зависимости от состава толщ рельефообразующих пород и строения форм первичной эрозионной сети.....	30
<b>Жердев В.Н., Студеникина Л.Н., Шелкунова М.В.</b> Видовой состав активного ила из аэротенков ЛЮС.....	35
<b>Землянухин И.П., Радцевич Г.А.</b> Влияние морфологии и лесистости водосборов на формирование стока.....	41
<b>Ананьева А.Е., Абулгафаров С.В.</b> Оценка гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов рисовых оросительных систем.....	47
<b>ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ</b>	
<b>Красных Н.А., Абулгафаров С.В.</b> Основные принципы охраны малых рек от истощения и необратимых изменений.....	52

### ГЕОДЕЗИЯ

<b>Макаренко С.А., Ломакин С.В., Лютоев М.А., Дудинская Н.В.</b> Исследование возможностей квадрокоптера DJI PHANTOM 2, снабженного камерой GOPRO HERO 3, для выполнения аэрофотосъемки с целью решения различных научно-технических задач.....	57
<b>Макаренко С.А., Соболев П.А.</b> Методика создания цифровой модели рельефа местности.....	64

### ЛАНДШАФТЫ

<b>Ковалев Н.С., Отарова Е.Н.</b> Асфальтобетонные покрытия с модифицированным противогололедным минеральным порошком.....	71
<b>Косолапова А.В.</b> Изменение плодородия чернозёма выщелоченного в условиях его длительного сельскохозяйственного использования.....	81
<b>Полякова Н.В.</b> Сравнительный анализ изменения состояния урбофитоценозов пригородных лесов северо-западной окраины города Воронежа под воздействием рекреационных нагрузок.....	88
<b>Казарцева С.Н.</b> Авифауна на возделываемых полях при эколого-ландшафтной системе земледелия в Кантемировском районе Воронежской области.....	93

### ТЕХНОЛОГИИ В АГРОЛАНДШАФТАХ

<b>Брюховецкий А.Н., Брюховецкий Я.А.</b> Современная концепция энергетической оптимизации функционирования агробиотехноценоза.....	97
<b>Щукин С.Н.</b> Теоретическое определение времени срабатывания клапана-дозатора опрыскивателя пропашных культур.....	105

### ИНФОРМАЦИЯ

<b>Правила оформления статей.....</b>	112
<b>Библиографические новинки.....</b>	114

## CONTENTS

### MELIORATION AND HYDROLOGY

<b>Zherdev V.N.</b> The concept of rational use of water resources protection and management of the small rivers and temporary watercourses in the activities of environmental engineering.....	6
<b>Ryčhko O.K.</b> Methodical schemes of improvement of the system of paid use of water in the South Urals region.....	11
<b>Abduyev M.A., Sadygov E.A.</b> Major natural factors of formation drain of the dissolved substances of the mountain rivers of Azerbaijan.....	18
<b>Semenov O.P., Kulikova E.V., Khrutsky S.V., Revin I.A.</b> Conditions of the delivery of the main water bearing horizons in hydrogeological areas of the Central Chernozem region depending on structure of thicknesses of composition of the rocks forming relief and the structure of forms of primary erosional pattern.....	30
<b>Zherdev V.N., Studenikina L.N., Shelkunova M.V.</b> Species composition of activated sludge aeration tanks JIOC.....	35
<b>Zemlyanukhin I.P., Radcevich G.A.</b> Influence of morphology and woodiness of reservoirs on formation of the drain.....	41
<b>Ananyeva A.E., Abulgafarov S.V.</b> Assessment of hydraulic efficiency and operational reliability of channels rice irrigating systems.....	47

### HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTION

<b>Krasnykh N.A., Abulgafarov S.V.</b> The basic principles of protection of the small rivers from exhaustion and irreversible changes.....	52
---	----

### GEODESY

<b>Makarenko S.A., Lomakin S.V., Dudinskaya N.V., Lyutoev M. A.</b> Study of the possibilities of quadcopter DJI PHANTOM 2 equipped with GOPRO camera hero 3, for aerial photography for solving various scientific and engineering problems.....	57
<b>Makarenko S.A., Sobolev P.A.</b> How to create digital terrain model.....	64

### LANDSCAPES

<b>Kovalev N.S., Otarova E.N.</b> Asphalt concrete coverings with modified deicing mineral powder.....	71
<b>Kosolapova A.V.</b> Changed fertility of leached black earth soil in terms of its long agricultural use.....	81
<b>Polyakova N.V.</b> A Comparative analysis of state changes orbitonasal suburban forests of the north-western outskirts of the city of Voronezh under the influence of recreational loads.....	88
<b>Kazartseva S.N.</b> Avifauna on the cultivated fields at ecological-landscape system of agriculture in kantemirovsky district Voronezh region.....	93

### TECHNOLOGIES IN AGROLANDSCAPES

<b>Bryukhovetsky A.N., Bryukhovetsky Y.A.</b> The modern concept of energetical optimization of the functioning of agrobiotechnocenoses.....	97
<b>Schukin S.N.</b> Theoretical defining of response time of the valve-doser of row crops sprayer.....	105

### INFORMATION

<b>Rules of registration of articles</b> .....	112
<b>New publication</b> .....	114

## МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОЛОГИЯ

УДК 631.672.3:626.8

**Жердев В.Н.**, д. с-х. н., профессор

Воронежский государственный педагогический университет

### **КОНЦЕПЦИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОХРАНЫ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ МАЛЫХ РЕК И ВРЕМЕННЫХ ВОДОТОКОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

В статье предлагается концепция рационального использования охраны и управления водными ресурсами малых рек и временных водотоков применительно к природообустройству территорий. Малая река и временный водоток рассматривается как водно-земельный природный ресурс. В региональном аспекте проектной деятельности могут использоваться гидрографические характеристики рек и временных водотоков по их длине в пределах Центрально Чернозёмной области и по областям региона, а также рассчитана густота речной сети, как для всех водотоков, так и для рек длиной 10 км и более, и учитывать градации малых рек. Первая градация – для временных водотоков (логов и балок) с площадью водосборов до 20 – 150 км<sup>2</sup> без учёта дренирования подземных вод и когда формировании половодья или паводка участвует только поверхностный сток. Вторая градация – для перемежающихся водотоков (ручьи) с площадью водосборов от 20-150 до 75-1400 км<sup>2</sup> с частичным дренажом подземных вод. Третья градация – для постоянных водотоков (малых рек) с площадью водосборов от 75-1400 до 2000-3000 км<sup>2</sup> с полным дренированием подземных вод. Природный комплекс малой реки - это соответственно ложе, пойма, водосбор, сток и водный объем, природные живые сообщества соответствующих природных зон, т.е. малая река в своём основополагающем бассейне. Взаимоотношения в экосистеме обусловлены множеством прямых и обратных связей между сообществами и окружающей средой (биологические сообщества, водная среда, растительность поймы, водозабор, отбор воды, сбросы и т.д.). Таким образом, бассейн малой реки представляет собой сложный природный комплекс, подчиняющийся законам и закономерностям развития живой и не живой природы, и воздействиям антропогенного характера в пределах конкретной природной зоны. Рациональное использование, охрана и управление природными ресурсами бассейна малой реки представляет собой лишь часть проблем по управлению природным комплексом бассейна малой реки.

Ключевые слова: малая река и временные водотоки, природные комплексы малой реки, природообустройство, управление водными ресурсами.

Малая река и временный водоток рассматривается как водно-земельный природный ресурс и в региональном аспекте.

Для проведения проектных работ, в целях природообустройства можно воспользоваться следующими материалами. В таблице 1 приведены гидрографические характеристики рек и временных водотоков по их длине в пределах Центрально-Чернозёмной области (ЦЧО) и по областям [5, 6, 7].

В таблице 2 приведена густота речной сети (как для всех водотоков, так и для рек длиной 10 км и более) по данным В.Н. Жердева (1975).

ЦЧО относительно бедны водными ресурсами. На территории протекает 7052 водотоков, суммарной длиной 44153 км. Рек длиной 10 км и более 1006, их общая длина 27497 км. [5, 6]

В различных расчётах деятельности природообустройства для малых рек и временных водотоков следует учитывать их градации [2, 3, 5]:

1-я градация – для временных водотоков (логов и балок) с площадью водосборов до 20-150 км<sup>2</sup> (без учёта дренирования подземных вод, т.е. в формировании участвует только поверхностный сток);

2-я градация перемежающихся водотоков (ручьи), с площадью водосборов от 20-150 до 75-1400 км<sup>2</sup> (частичный дренаж подземных вод);

3-я градация – для постоянных водотоков (малых рек) с площадью водосборов от 75-1400 до 2000-3000 км<sup>2</sup> (полностью дренируются подземные воды).

Природный комплекс малой реки - это соответственно ложе, пойма, водосбор, сток и водный объем, природные живые сообщества соответствующих природных зон, т.е. малая река в своём основополагающем бассейне.

Взаимоотношения в экосистеме обусловлены множеством прямых и обратных связей между сообществами и окружающей средой (биологические сообщества, водная среда, растительность поймы, водозабор, отбор воды, сбросы и т.д.).

Таким образом, бассейн малой реки представляет собой сложный природный комплекс, подчиняющийся законам и закономерностям развития живой и не живой природы, и воздействиям антропогенного характера в пределах конкретной природной зоны.

Рациональное использование, охрана и управление природными ресурсами бассейна малой реки представляет собой лишь часть проблем по управлению природным комплексом бассейна малой реки.

Таблица 1 - Распределение рек и временных водотоков по их длине в пределах ЦЧО (по данным Гидрометцентра и мониторинга окружающей среды)

Длина рек и временных водотоков, км	Территория ЦЧО		Области											
			Белгородская		Воронежская		Курская		Липецкая		Орловская		Тамбовская	
			к-во водотоков	длина, км										
Самые малые:														
<10	6046	16656	375	960	1110	3661	1022	2606	504	1671	1830	4502	1205	3256
10-25	688	10738	56	903	160	2461	128	2045	83	1356	129	1886	132	2087
Малые														
26-50	182	5829	22	759	38	1298	33	1085	25	898	25	819	39	1366
51-100	93	3523	10	711	26	1889	14	923	14	952	15	1028	14	993
Средние														
101-200	21	3131	2	246	6	820	3	469	1	101	2	307	7	789
201-300	7	1807	1	228	2	505	-	-	1	212	2	437	1	291
301-500	3	1115	-	-	-	-	1	490	1	304	-	-	1	329
Большие														
501-1000	2	1354	.	.	1	530								
<b>Всего:</b>	7052	44153	466	3807	1343	11164	1201	7618	629	5494	2003	8979	1399	9111

Таблица 2 - Густота речной сети в пределах ЦЧО (по картографическим материалам)

Следующие градации	Густота рек и временных водотоков, км/км <sup>2</sup>						
	Территория ЦЧО	Области					
		Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Орловская	Тамбовская
Все реки и временные водотоки	0,23	0,14	0,21	0,26	0,23	0,36	0,27
Реки длиной 10 км и более	0,14	0,11	0,14	0,17	0,16	0,18	0,18

С учётом вышеизложенного и гидрологических бассейновых исследований в деятельности природообустройства [3], предлагается концептуальный подход рационального использования, охраны и управления водными ресурсами бассейна малой реки.

Основные направления работ по решению проблем рационального использования, охраны и управлению водными ресурсами бассейна малой реки сводятся к следующему:

- краткая оценка современного состояния окружающей природной среды бассейна малой реки;
- характеристика хозяйственной деятельности человека в бассейне малой реки;
- определение основных источников антропогенного воздействия на состояние водных ресурсов в бассейне малой реки;
- разработка прогноза изменения состояния водных ресурсов на близкую и отдалённую перспективу без применения дополнительных мероприятий - водохозяйственных, водоохраных, природоохраных, градостроительных и других мероприятий;
- оптимизация состояния водных объектов (водных ресурсов) с проведением различных вариантов водохозяйственных, водоохраных, природоохраных, градостроительных и специальных мероприятий с целью достижения количественных и качественных потребительских показателей водных ресурсов малой реки и соответственно их объемов;
- разработка и составление комплексной схемы рационального использования, охраны и автоматизированного управления водными ресурсами бассейна малой реки;
- канализация всех видов сточных вод в бассейне малой реки, их очистка, разработка нормативных документов, стандартов, регламентов и лимитов на сброс очищенных сточных вод в естественные и искусственные водоемы;
- выбор оптимального варианта проведения водохозяйственных, водоохраных, природоохраных, градостроительных, специальных мероприятий по рациональному использованию, охране и управлению водными ресурсами водосборов малой реки;
- разработка и составление проектно-сметной документации по выбранному варианту комплекса мероприятий в водосборе малой реки;
- реализация проектно-сметной документации по выбранному варианту;
- разработка и создание автоматизированной системы рационального использования, охраны и управления водными ресурсами водосборов малых рек по бассейновому принципу, ее апробация и эксплуатация;
- разработка и создание системы комплексного мониторинга по наблюдениям, контролю и управлением местными водными ресурсами (локальный мониторинг);

- разработка и утверждение нормативов, стандартов, регламентов, лимитов на комплексное рациональное использование водных ресурсов бассейна малых рек и их охрану;
- использование вышеуказанных материалов для разработки комплексных системных программ по управлению водными ресурсами бассейнов малых рек в заданных параметрах на репрезентативных территориях с учетом природно-климатических зон;
- предлагаемая концепция по решению проблем рационального использования, охране и управлению водными ресурсами малых рек дает практическую возможность оптимального управления водными ресурсами бассейнов малых рек и создания условий устойчивого развития изучаемой территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жердев В.Н. Экологическое состояние водных ресурсов бассейнов рек Воронежской области как индикатор качества вод для питьевого водоснабжения населения / В.Н. Жердев, В.И. Ступин // Мелиорация, водоснабжение и геодезия : материалы межвуз. научно-практической конференции, Воронеж : ВГАУ, 2013. – С. 32-37.
2. Жердев В.Н. Экологический природный комплекс как основополагающая единица при проведении регионального мониторинга земель сельскохозяйственного назначения / В.Н. Жердев, А.Н. Крюкова // Агроэкологический вестник – 2013. - № 7. – С. 51-56.
3. Жердев В.Н. Гидрологические бассейновые исследования в деятельности природообустройства / В.Н. Жердев // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2015. - № 1 – С. 20-22.
4. Зязина Т.В. Опасные ситуации природного характера: учебное пособие / Т.В. Зязина, С.В. Петров, В.Н. Жердев – Воронеж : ВГПУ, 2015 – 472 с.
5. Черемисинов А.Ю. Динамика климата водных балансов и ресурсов Центрального Черноземья / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов – Воронеж : ВГАУ, 2013. – 314с.
6. Черемисинов А.Ю. Тренды климата водных балансов и ресурсов в Европейской части России / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов – Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014 – 285 с.
7. Черемисинов А.Ю. Роль рекреационных ландшафтов в развитии техносферы: монография. Сер. Природообустройство / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2014. - 312 с.

**Zherdev V.N.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
Voronezh State Pedagogical University

#### **THE CONCEPT OF RATIONAL USE OF WATER RESOURCES PROTECTION AND MANAGEMENT OF THE SMALL RIVERS AND TEMPORARY WATERCOURSES IN THE ACTIVITIES OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

The article proposes the concept of rational use of water resources protection and management of the small rivers and temporary watercourses in relation to prirodoobustroystvu territories. A small river and a temporary watercourse is regarded as a water-land natural resource. The regional aspect of project activities are invited to use hydrographic features rivers and temporary streams on their length within Central

Chernozem region and areas in the region, as well as the calculated density of the river network, as for all watercourses and rivers length of 10 km and more, and take into account the gradation of small rivers. The first graduation for temporary watercourses (logs and beams) to the watershed area to 20-150 km<sup>2</sup>, excluding groundwater and drainage when the formation of flood or flood is only involved surface runoff. The second graduation-for intermittent watercourses (streams) with an area of catchments from 20-150 to 75-1400 km<sup>2</sup> with partial drainage of groundwater. The third graduation for permanent watercourses (small rivers) with an area of catchments from 75-1400 to 2000-3000 km<sup>2</sup> with a full draining groundwater. Natural complex of small river is accordingly Lodge, floodplain, Aquilegia, streamflow and water volume, natural living community relevant natural areas, i.e., a small river in his seminal pool. Relationships in the ecosystem are caused by a multitude of backward and forward linkages between communities and the environment Wednesday (biological communities, water Wednesday, the vegetation of the floodplain, water intake, water recovery, discharges, etc.). Thus, the pool of small river is a complex natural complex reporting laws and regularities of development of live and not live nature and man-made influences within a specific natural area. Rational use, protection and management of natural resources of the basin of the small river represents only part of the problems in management of natural complex of small basin rivers.

Keywords: small river and temporary watercourses, natural complexes of a small river, prirodoobustrojstvo, management of water resources.

**Рычко О.К.**, д. г. н., профессор

Воронежский государственный педагогический университет

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПЛАТНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ**

Моделирование оптимизации водопользования и систем его платности, в заданном водохозяйственном регионе, должно базироваться на использовании результатов многочисленных гидрологических и водохозяйственных исследований и конкретно - на применении Бассейновой концепции природопользования в том числе, водопользования, включающей основополагающие (для оптимизации режимов эксплуатации водных ресурсов геосистемы) социальные, экономические и экологические аспекты. Теоретические основы решения водохозяйственных проблем могут быть заимствованы из отдельных направлений Структурной, Региональной, Экологической, Прикладной гидрологии. Водохозяйственный баланс для конкретного водохозяйственного региона должен формироваться с учетом следующих особенностей экофильного водопользования последнего:

- обеспечение социально-хозяйственных объектов региона необходимым объемом воды в оптимальном режиме ее подачи потребителю и при наилучших экономических показателях;
- организация сохранности природных ландшафтов или восстановление их экологического равновесия, включая поддержание заданных параметров вод, сохранение и улучшение их качества;
- координация водохозяйственной политики заданного водохозяйственного региона с учетом общей экономической ситуации в стране.

Таким образом:

- усовершенствование регионального экономического механизма водопользования, для оптимизации последнего, должно базироваться на применении модернизированных методов составления водохозяйственного баланса и схем расчета размеров платежей за эксплуатацию водных объектов, что вызывает потребность в существенных инновациях, которые (размеры платежей) необходимо строго дифференцировать как территориально, так и внутри года или сезона;
- рассмотренные теоретические принципы и методические положения, как предпосылки обновления экономического механизма оптимизации водопользования в Южно-Уральском регионе, позволят в дальнейшем обозначить и реализовать перспективные направления и формы экологически обоснованной эксплуатации и охраны водных ресурсов в исследуемом и других регионах России, с аналогичными экспериментальному природно-хозяйственными условиями.

Ключевые слова: водные ресурсы, водохозяйственная система, система платного водопользования, методическая схема оптимизации водопользования.

Водные ресурсы являются неотъемлемым элементом и важным фактором водохозяйственных систем (ВХС), участвующем в большинстве природных процессов, в различных видах производственной или коммунальной деятельности социума. Так водные источники используются для нужд промышленности, энергетики, сельского, лесного, рыбного, коммунального хозяйства, на объектах добычи полезных ископаемых, транспорта, в учреждениях системы здравоохранения и многом другом – рис. 1.

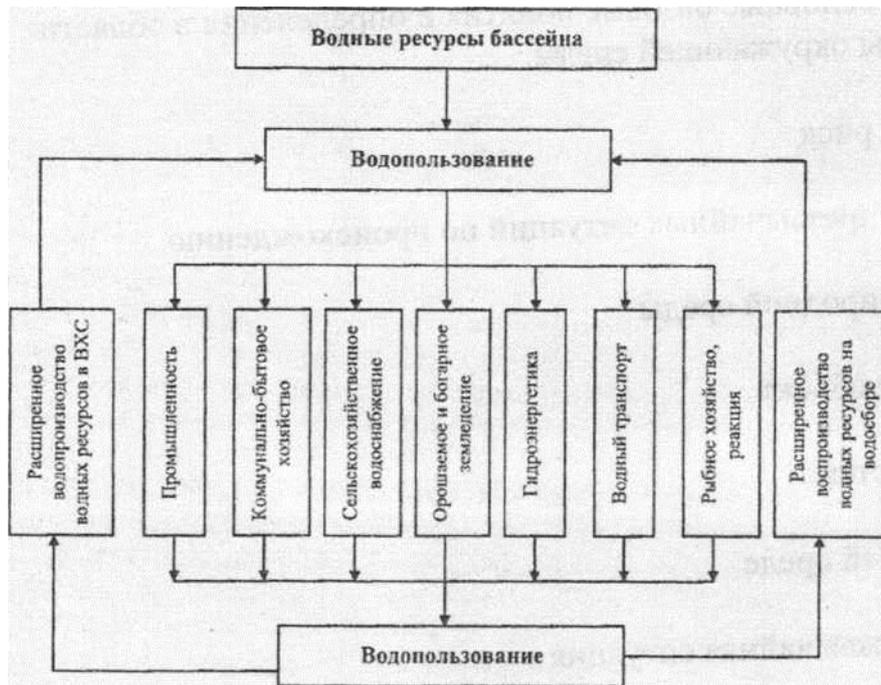


Рисунок 1. Использование водных ресурсов в ВХС [4]

В соответствии с данными [4], среднее значение общих водных ресурсов Оренбургской области, как типичного южноуральского региона, к 2000 году составляло 12,6 км куб./ год, изменяясь в отдельные годы от 30,8 до 4,2 км куб. Согласно этому же источнику, водность р. Урал (в пределах РФ) для вышеуказанного периода определяется как «низкая» или «умеренно низкая». К тому же в засушливые годы может отмечаться снижение водности р. Урал (в том числе и за счет интенсивной социально-хозяйственной деятельности) на 30% [5], что предполагает установление оптимальных режимов использования сформировавшихся водных ресурсов — водопользования в заданном водохозяйственном регионе (ВХР), или ВХС, за который принимается территория с относительно замкнутыми водохозяйственными связями [3].

Несмотря на несомненную важность водопользования, как отдельного вида природопользования, актуальным для решения возникающих при этом ключевых проблем остается обеспечение процессов рационального использования водных ресурсов (ВР) заданного речного бассейна регионально специфичными методическими и руководящими документами, детально учитывающими пространственно-временную изменчивость природно-хозяйственных факторов, влияющих на водопользование или обуславливающих его эффективность [6].

С учетом вышеизложенного, перспективным комплексным направлением гидрологических и водохозяйственных исследований, решающим острые проблемы регионального водопользования, является оценивание степени достаточности и новизны существующего организационно-методического обеспечения системы платного водопользования в бассейне р. Урал по социальным, хозяйственным и экологическим критериям и показателям для совершенствования экономического механизма оптимизации использования, восстановления и охраны водных объектов на конкретной территории.

Группу актуальных для изучения вопросов, объединенных названным научным направлением, составляют:

- определение уровня изученности насущной проблемы экологически и экономически обоснованного бассейнового водопользования;

- обоснование базовых теоретических положений, необходимых для решения задач намеченных водохозяйственных исследований, в том числе - фундаментальных принципов, категорий, ключевых понятий, терминов и определений;

- анализ существующих методов и средств определения водных ресурсов и выбор наиболее соответствующих перспективным требованиям к способам оценки ВР геосистемы;

- определение современного состояния системы платежей за водопользование в бассейне р. Урал;

- установление направлений и моделей совершенствования методологических основ экономического механизма оптимизации регионального водопользования.

Моделирование оптимизации водопользования в заданном ВХР должно базироваться на использовании результатов многочисленных гидрологических и водохозяйственных исследований, к примеру [1, 6], и конкретно - на применении Бассейновой концепции природопользования [7], в том числе, водопользования, включающей основополагающие для оптимизации режимов эксплуатации водных ресурсов геосистемы социальные, экономические и экологические аспекты, а именно:

1. Концепция имеет как природные (естественнонаучные), так и общественные (гуманитарные) обоснования, что позволяет считать бассейн интегральной природно-хозяйственно-демографической системой.

2. Бассейн - особый природный объект - природная геосистема высокой степени целостности, сочетающая абиогенную основу (лито-оро-гидросистему) со специфическими рядами функционирования биоты. Бассейн - квазикайбернетическая, саморегулирующаяся парадинамическая и парагенетическая система. Бассейн - наиболее подходящий объект для всестороннего применения системного подхода.

3. Бассейны универсальны; это самые распространенные на поверхности суши природные комплексы; почти вся суша - совокупность бассейнов.

4. Бассейн обладает границами - водоразделами, без субъективности и четко выделяемыми на местности и на карте. Следовательно, именно бассейны представляют собой наиболее объективную естественную основу решения любых задач и проблем в сфере природопользования.

5. Гидрографическая и водораздельная сеть бассейна - самая строго иерархически упорядоченная сеть на планете; в этом ключ к систематизации в различных областях природопользования.

6. В границах бассейна «замыкаются» основные циклы круговоротов вещества и энергии. Водные объекты водосбора - конечные звенья «цепочек» загрязнения. В связи с этим - роль бассейновой концепции при исследованиях геоэкологических процессов биосферы несомненна.

7. С водными объектами тесно связана вся история цивилизации; в бассейнах сформировались особые этно-демографические общности.

8. На «водных линиях» концентрируются поселения и промышленные объекты, в связи с чем бассейны можно рассматривать и как специфические экономические пространственные структуры.

9. Роль бассейновой концепции постоянно увеличивается вследствие возрастания значения водного фактора и водных ресурсов (особенно питьевой воды) в природопользовании на планете.

10. В период нарастания геополитической напряженности бассейны - наиболее подходящие, созданные самой природой, пространственные объекты для разрешения геополитических противоречий как на региональном, так и на межрегиональном уровнях.

Другие теоретические основы решения сформулированных проблем могут быть заимствованы из отдельных направлений гидрологии. Так, в соответствии с [1], из Структурной гидрологии возможно использование положений о том, что природную зону (например, степную) можно считать критерием подобия условий формирования водного баланса территории и его приходно-расходных элементов, а в близких физико-географических условиях единица площади речного бассейна поставляет в русловую сеть примерно одинаковое количество водных масс.

Из Региональной гидрологии потенциально применимы принципы: водосборные бассейны являются территориально-аквально-геосистемами, в пределах которых естественные факторы и антропогенные нагрузки обуславливают изменения стока или состояния водных объектов; выявление вида, масштаба и интенсивности реакции последних на флуктуации внешних воздействий основывается на законах сохранения вещества и энергии как на теоретической и методологической базе изучения и прогнозирования природных и техногенных изменений в речных бассейнах и их компонентах; необходимы комплексные исследования причинно-следственных связей между ландшафтными факторами водосборов, видами и масштабами водопользования и изменчивостью характеристик стока и экологического состояния водных объектов.

Экологическая гидрология привносит в теоретическую часть данных исследований положения: о потребности в учете взаимодействия абиотических и биотических элементов гидроэкосистем, природных и социально-хозяйственных комплексов; о необходимости изучения механизмов формирования экологического состояния водотоков и водоемов в изменяющихся физико-географических условиях, включая речные системы с различным типом внутригодового распределения стока; по созданию механизмов оптимизации использования ВР региона и снижения антропогенной нагрузки на водные объекты.

Прикладная гидрология может обогатить теоретическую составляющую оптимизации водопользования следующими принципами: по разработке методов проектирования и строительства экологичных гидротехнических сооружений, схем комплексного использования водных ресурсов и их оценки; по подготовке и реализации планов отраслевого водопользования, в том числе водоснабжения населенных пунктов; по обоснованию и разработке особых требований к методическому и информационному обеспечению, необходимому для решения первоочередных гидрологических задач, включая расширение возможностей математического моделирования процессов формирования и трансформации стока [1].

Ключевые понятия, термины и определения (требуемые, к примеру, для стандартизации характеристики водных объектов и гидрологических процессов в геосистеме), применяемые при функционировании экономического механизма водопользования, могут в своей основе заимствоваться из словаря [10], хотя отдельные из них требуют уточнения или модернизации. К числу последних, представленных в [10], относятся такие элементы базового гидрологического и водохозяйственного понятийно-терминологического аппарата, как: «водное хозяйство», «водные ресурсы», «водопотребление», «водопользование» и некоторые другие.

Нуждается в модернизации и региональный комплекс экономического регулирования водопользования в бассейне р. Урал. Такое обновление может быть осуществлено посредством усовершенствования системы платежей за водопользование через разработку методов расчета размеров платы за эксплуатацию ВР и объектов в границах выбранного ВХР. Основу указанных новационных методов должны составлять дифференцированные в пространстве и во времени нормативы платы за водопользование, базирующиеся в свою очередь на параметрах корректно составленного водохозяйственного баланса - ВХБ. Количественное сопоставление сложившихся водных ресурсов ре-

гиона с его потребностями в воде (или результирующая сравнения водно-ресурсного потенциала геосистемы с её водопотреблением) может быть современным (оперативным), среднесрочным и долгосрочным [3, 8].

ВХБ для конкретного ВХР должен формироваться с учетом следующих особенностей экофильного водопользования последнего [3, 6]:

- обеспечение социально-хозяйственных объектов региона необходимым объемом воды в оптимальном режиме ее подачи потребителю и при наилучших экономических показателях;

- организация сохранности природных ландшафтов или восстановление их экологического равновесия, включая поддержание заданных параметров вод, сохранение и улучшение их качества;

- координация водохозяйственной политики заданного ВХР с учетом общей экономической ситуации в стране.

Одной из прикладных составляющих решения проблем эффективного использования ВР в конкретном бассейне может служить региональная экологически обоснованная программа охраны и рационального использования ВР [9, 10], которая должна содержать следующие блоки:

1. *Проблемный*, включающий перечень задач и их ранжирование по остроте экологической ситуации, по уровню сложности и неотложности решения, механизм формирования (или усовершенствования) государственной или общественной, постоянной или временной водоохранной и ресурсосберегающей системы.

2. *Информационно-аналитический*, имеющий текстовые и графические материалы инвентаризации кадастровых гидроэкологических показателей водных объектов, с нормативно справочными данными, содержащий для конкретных территорий региона: оценки экологического состояния и устойчивости природных вод к негативным антропогенным воздействиям; характеристики природно-экологического потенциала, ретроспективные, фактические и прогностические показатели тенденций в изменчивости гидроэкологического состояния отдельных ареалов; выделение экологически проблемных районов и участков, их классификация по степени загрязнения и истощения водных ресурсов, районирование и картирование; раздел оценки эффективности существующей водоохранной системы и подготовки рекомендаций для планирования мероприятий по оптимизации водопользования и охране водных ресурсов.

3. *Организационно-хозяйственный*, содержащий структуру и функции управления водоохранной деятельностью, номенклатуру экологических заданий ведомствам, предприятиям, организациям, определяющих порядок, сроки, экономические и инженерно-технические средства для реализации намеченных мероприятий в заданных районах.

В соответствии с [3, 12], оценка потребления воды из объектов установленного водосбора должна производиться в первую очередь на основе учета экономической эффективности водопользования региона с применением следующих природных и антропогенных критериев и показателей:

- качественные и количественные характеристики ВР, водопользования и водопотребления региона с учетом забора свежей воды из водоисточника и возврата в него использованной воды;

- взаимосвязь между поверхностными и подземными водами и степень зарегулированности ВР, современные и перспективные возможности управления ими;

- возможные изменения качественных и количественных значений ВР водосбора под воздействием реализуемых водохозяйственных мероприятий - потребления, регулирования и др.;

- перспективы развития социально-экономической системы в ВХР и возможное изменение степени интенсивности водопользования.

Поскольку усовершенствование регионального экономического механизма водопользования, для оптимизации последнего, должно базироваться на применении модернизированных методов составления ВХБ и схем расчета размеров платежей за эксплуатацию водных объектов, то возникает потребность в существенных инновациях, которые (размеры платежей) необходимо строго дифференцировать как территориально, так и внутри года или сезона.

Рассмотренные теоретические принципы и методические положения, как предпосылки обновления экономического механизма оптимизации водопользования в Южно-Уральском регионе, позволят в дальнейшем обозначить и реализовать перспективные направления и формы экологически обоснованной эксплуатации и охраны ВР в исследуемом и других регионах РФ, с аналогичными экспериментальному природно-хозяйственными условиями.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский, Н. И. Тенденции развития гидрологии / Н.И. Алексеевский // Вестник Московского ун-та. - Сер. 5, География. - № 4. - С. 49-54.
2. Водный кодекс Российской Федерации. - М. : ГД РФ, 1995.- 43 с.
3. Воропаев, Г.В. Физико-географические основы формирования водохозяйственных балансов / Г.В. Воропаев, В.Б. Местечкин. - М. : Наука, 1981. - 136 с.
4. Гареев, А. М. Оптимизация водоохраных мероприятий в бассейне реки: географо-экологический аспект / А.М. Гареев. - СПб. : Гидрометеиздат, 1995. - 191 с.
5. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. - СПб. : Гидрометеиздат, 2000. - 92 с.
6. Жердев, В.Н. Гидрологические бассейновые исследования в деятельности природообустройства / В.Н. Жердев // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2015. - № 1, 2015. - С. 20-22.
7. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л.М. Корытный. - Иркутск : Изд-во ин-та географии СО РАН, 2001. - 163 с.
8. Подосенова, И.А. Анализ изученности и способы решения проблемы оценки водоресурсных элементов крупной реки степной зоны / И.А. Подосенова, О.К. Рычко // Проблемы геоэкологии Южного Урала : мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Оренбург : Изд-во ИПК ГОУ ОГУ, 2003. - С. 143-145.
9. Рычко О.К. Экологическая концепция региональной программы охраны и рационального использования водных ресурсов / О.К. Рычко // Сертификация и управление качеством экосистем на Южном Урале : мат-лы всерос. науч.-технич. конф. – Оренбург : Изд-во ОГУ, 1997. - С. 53-54.
10. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. - Л. : Гидрометеиздат, 1970. - 306 с.
11. Черемисинов А.Ю. Роль рекреационных ландшафтов в развитии техносферы: монография. Сер. Природообустройство / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2014. - 312 с.
12. Григоров М.С. Необходимы новые подходы к орошению черноземов / М.С. Григоров, А.Ю. Черемисинов // Земледелие. - 1991. - № 10. - С. 35-37.

**Ryčhko O.K.**, Doctor of Geographical Sciences, Professor  
Voronezh State Pedagogical University

## **METHODICAL SCHEMES OF IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF PAID USE OF WATER IN THE SOUTH URALS REGION**

Simulation Optimization of water management and payment systems and the water the region should be based on the use of numerous hydrological and water research and IP-specifically on the application of concepts in the Basin was growing including water use, including fundamental (to optimize water resource management regimes geosystem) social, economic and environmental aspects of the partnership.

The theoretical basis of the solution of water problems can be both individual areas of authority Structures, Regional, environmental, operational hydrology.

The water balance for a specific water region should be subject to the following peculiarities of ecological in taking the latter:

- ensuring socio-economic objects in the region the necessary volume of water in the optimal mode of its submission to the consumer with the best economic indicators;
- organization of preservation of natural landscapes or restoring environmental balance sky, including maintaining the set parameters of the water, maintaining and improving their quality; -coordination of water management policy specified water region taking into account the overall economic affairs, the situation in the country.

Thus:

-improvement of the regional economic mechanism of water, for the optimization of the latter should be based on the application of modernized methods for water balance and schemes for calculating payment for exploitation of water objects from the scan that causes the need for significant innovations that (payments) it is necessary to strictly differentiate both geographically and within a year or season;

-reviewed theoretical principles and procedural provisions, as a prerequisite for economic water use optimization mechanism updates in the South Urals region, will further identify and implement promising areas and forms of ecological exploitation and protection of water resources in the research and other regions of Russia, with similar experimental natural-economic conditions.

Keywords: water, working time system, paid water use, methodical optimization scheme.

**Абдуев М.А.**, д. г. н., профессор

Азербайджанский государственный педагогический университет им. Н. Туси

**Садыгов Э.А.о.**, к. э. н., доцент

Воронежский государственный аграрный университет

## **ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ГОРНЫХ РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА**

В статье проанализированы некоторые природные факторы (тип горных пород, карст, климат, водный режим рек), влияющие на формирование стока растворенных веществ в горных реках Азербайджана. В исследовании использована ионная составляющая стока растворенных веществ. Общая схема пространственного распределения стока растворенных веществ по высотным поясам в горах обусловлена, изменением зональных климатических параметров, влияющих на интенсивность протекания химических процессов растворения и выщелачивания горных пород. На основе выявленной зависимости между среднемесячными расходами воды и величиной минерализации в пунктах - аналогах, данные по принятым опорным пунктам были приведены к однородному длительному периоду. По удлиненным рядам установлен среднегодовое распределение стока растворенных веществ. Внутригодовое распределение стока растворенных веществ на исследуемых реках аналогично внутригодовому режиму стока воды, в связи с тем, что количество воды, поступающей на поверхность водосбора, является одним из наиболее мощных факторов развития химических эрозийных процессов. Степень доступности горных склонов к влагоносным воздушным массам в зависимости от их экспозиций, количество и характер внутригодового распределения атмосферных осадков определяют внутригодовой режим стока растворенных веществ. В целом, выдерживается общее соотношение – чем больше жидкий сток, тем больше сток растворенных веществ. Выявлено, что из наиболее активно действующих факторов, обуславливающих интенсивность процессов химического выветривания и разрушения горных склонов, является климат. Климатические условия Азербайджана отличаются отличительным многообразием и ярко выраженной вертикальной поясностью, обусловленной рельефом горных сооружений, экспозицией склонов и сложным взаиморасположением хребтов и внутригорных котловин. В целом выявлено, что основные природные факторы оказывают значительное влияние на сток растворенных веществ рек.

Ключевые слова: природные факторы, сток растворенных веществ, ионный сток, горных рек Азербайджана, среднемесячный расход воды, факторы формирования химического состава воды

Изучение выноса растворенных веществ различного происхождения из речных бассейнов является общегеографической и геоэкологической задачей. По стоку растворенных веществ можно судить о денудационных процессах в бассейне, экологическом состоянии водосборов, геохимических аспектах миграции макрокомпонентов и т.д. Пространственная изменчивость, временная динамика, генетический анализ невозможны без определения степени влияния природных факторов на сток растворенных веществ рек.

Анализ влияния факторов на сток растворенных веществ рек проведен с использованием исходных данных по 124 пунктам наблюдения на всех территориях Азербайджана. Основная часть стока растворенных веществ приходится на главные ионы, кроме того, преимущественно ими же представлена денудационная часть растворенного материала. Поэтому в исследовании использована ионная составляющая стока растворенных веществ.

Вертикальная зональность на горной территории Азербайджана выявляется практически для всех климатических (радиационный баланс, температура воздуха и почвы, осадки, испарение и т.д.) и основных гидрологических (слой водного стока, термический и водный режим рек, даты схода и появления снежного покрова и т.д.) характеристик [1]. Климатическая зональность является прямым фактором формирования вертикальной зональности почвенного и растительного покрова в горных районах. Общая схема пространственного распределения стока растворенных веществ по высотным поясам в горах обусловлена, прежде всего, изменением зональных климатических параметров, влияющих на интенсивность протекания химических процессов растворения и выщелачивания горных пород.

Зональные климатические условия определяют величину жидкого стока – ведущего фактора, лимитирующего сток растворенных веществ рек. Анализ рельефных условий позволяет выявить ряд зависимостей между стоком от средней высоты водосбора. В распределении стока от средней высоты по территории Азербайджана выявляются две закономерности. На территории Большого и Малого Кавказа до определенного предела сток увеличивается с высотой, а с Ленкоранской природной области – уменьшается. Половодья в зависимости от термического режима и запаса влаги в бассейне наступают одновременно в различных высотных зонах. На реках Большого и Малого Кавказа высокий сток отмечается в весенне-летний период, а низкий зимой. Для рек Ленкоранской природной области характерно наличие в течение года по два периода с высокой (март-апрель и сентябрь-ноябрь) и низкой (май-август и декабрь-февраль) водностью.

В работе использованы материалы гидрохимических бюллетеней и ежегодные данные о качестве поверхностных вод Азербайджана [2, 3]. Периоды наблюдений за химическим стоком на 124 использованных постах довольно разнородные. Поэтому первоочередной задачей являлось приведение коротких рядов наблюдений к длительному и, по возможности, одинаковому периоду. Для удлинения коротких рядов наблюдений наиболее приемлемым является использование связи  $C_{\text{ср.мес.}} = f(Q_{\text{ср.мес.}})$ . Здесь  $C_{\text{ср.мес.}}$  – величина среднемесячной минерализации воды,  $Q_{\text{ср.мес.}}$  – среднемесячный расход воды. На основе выявленной зависимости между среднемесячными расходами воды и величиной минерализации в пунктах – аналогах, данные по принятым опорным пунктам были приведены к однородному длительному периоду – 1950-2013 гг. (64 лет). Далее, с использованием связи между среднемесячными расходами воды и величинами минерализации, удалось привести разнородные ряды наблюдений к упомянутому выше длительному периоду. По удлиненным рядам установлен среднемноголетний сток воды и растворенных веществ (таблица). В нашей прежней работе [4] суть методика нашла своего достаточного отражения. Были использованы также данные наблюдений за годовыми и месячными значениями температуры воздуха и атмосферных осадков.

Таблица - Некоторые морфометрические, гидрологические и гидрохимические характеристики основных горных рек Азербайджана

№ п/п	Река – пункт	F, км <sup>2</sup>	H, км	Q, м <sup>3</sup> /с	W <sub>Q</sub> , млн. м <sup>3</sup>	C, мг/л	R <sub>i</sub> , тыс. тон
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Кусарчай – с. Кузун	250	2,94	4,42	139	311	43
2	Куручай – с. Сусай	35,9	1,93	0,68	21	288	6,2
3	Кудиалчай – с. Кюпчал	517	2,40	7,95	250	333	83
4	Хыналыгчай – с. Хыналыг	36	2,78	0,52	16	323	5,1
5	Агчай – с. Джек	124	2,59	2,27	72	277	20
6	Карачай – с. Рюк	137	2,60	1,98	62	327	20
7	Чагаджукчай – с. Рустов	71,5	1,45	0,86	27	356	9,6
8	Вельвеличай – с. Тенгялты	454	1,87	4,53	143	378	54
9	Хармидорчай – с. Халтан	42,4	1,38	0,30	9,5	395	3,9
10	Шабранчай – с. Зейва	15,3	1,15	0,41	13	331	4,3
11	Сумгайтчай – п. Перекишкюл	1500	0,89	1,63	51	706	36
12	Джейранкечмаз- с. Сангачал	896	0,35	0,16	5	1740	8,7
13	Пирсагатчай – с. Поладлы	995	1,00	2,22	70	471	33
14	Зогалавачай – с. Майсары	31,8	1,08	0,16	5	520	2,6
15	Белоканчай – г. Белокан	146	1,56	4,47	141	398	56
16	Катехчай – с. Кабиздара	236	1,85	9,98	315	251	79
17	Талачай – г. Закатала	136	1,71	4,48	141	303	43
18	Курмухчай – с. Илису	166	2,27	5,41	171	344	59
19	Агричай – с. Башдашагыл	92	1,56	3,30	104	327	34
20	Дамарчик – близ устья	35	1,86	1,43	45	307	14
21	Алиджанчай – с. Ханабад	1160	0,74	5,02	158	893	141
22	Дамирапаранчай – г. Габала	126	2,43	5,07	160	221	35
23	Геокчай – с. Буйнуз	308	1,94	8,81	278	281	78
24	Ахохчай – с. Ханая	66,4	1,66	1,58	50	320	16
25	Гирдыманчай – с. Караноур	352	1,82	5,33	168	414	70
26	Ахсучай – г. Ахсу	367	1,03	1,96	62	620	38
27	Акстафачай – п. Кр. Мост	1610	1,72	10,8	341	659	225
28	Таузчай – с. Берд	102	1,49	0,63	20	617	12
29	Зегамчай – с. Агбашлар	511	1,72	4,28	135	348	47
30	Шамкирчай – с. Верх. Чайкенд	922	1,90	8,22	259	317	82
31	Кошкарчай – г. Дашкесан	105	1,86	0,42	13	555	7,3
32	Гянджачай – с. Зурнабад	314	2,09	4,47	141	299	42
33	Зивланчай – с. Суговушан	46,6	2,20	1,18	37	216	8
34	Дастафюрчай – с. Карагуллар	27,9	2,14	0,45	14	229	3
35	Кюрюкчай – с. Дозулар	439	1,77	4,20	132	341	45
36	Геранчай – с. Агджакенд	144	2,21	2,40	76	245	19
37	Тергерчай – п. Келбаджар	483	2,64	5,25	166	284	47
38	Левчай – с. Камышлы	363	2,37	5,74	181	281	51
39	Тутхун – близ устья	522	2,16	3,95	125	355	44
40	Каркарчай – мост Агакерпи	238	1,61	2,10	66	504	33
41	Акерачай – п. Лачын	1180	2,13	10,1	319	324	103

продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
42	Забухчай – с. Забух	496	1,97	4,97	157	294	46
43	Куручай – с. Туг	201	1,55	1,61	51	351	18
44	Нахичеванчай – с. Карабаба	449	2,06	5,73	181	258	47
45	Джагричай – с. Паиз	348	1,87	1,53	48	354	17
46	Алинджачай – с. Арафса	133	2,23	1,28	40	283	11
47	Гиланчай – с. Нургут	94,9	2,62	2,30	73	205	15
48	Парагачай – с. Билав	49,2	2,51	0,76	24	204	4,9
49	Ванандчай – с. Данагырт	63,7	2,44	0,83	26	265	6,9
50	Ордубадчай – с. Нюснюс	34	2,40	0,43	14	227	3,2
51	Насирвазчай – с. Насирваз	36,1	2,69	1,40	44	159	7
52	Дуглунчай – с. Мазра	31,8	2,47	0,41	13	189	2,5
53	Виляшчай – с. Тагдама	428	1,38	2,41	76	445	34
54	Маталачай – с. Халфалар	79,3	0,57	1,27	40	425	17
55	Шаратюк – с. Тагдама	236	1,20	0,70	22	455	10
56	Ленкоранчай – с. Сифидор	893	1,29	9,29	293	316	93
57	Вазару – с. Даштатюк	167	0,90	4,22	133	357	47
58	Тангарю – с. Ваго	153	0,77	3,00	94	362	34
59	Диго – с. Поликеш	16,1	1,03	0,48	15	220	3,3
60	Истисучай – с. Алаша	60	0,58	1,46	46	583	27

*Примечание:* **F** – площадь водосбора; **H** – средняя высота водосбора; **Q** – средний многолетний расход воды; **W<sub>Q</sub>** – средний многолетний сток воды; **C** – средняя многолетняя минерализация; **R<sub>i</sub>** – средний многолетний растворенных веществ

Внутригодовое распределение стока растворенных веществ на исследуемых реках аналогично внутригодовому режиму стока воды, в связи с тем, что количество воды, поступающей на поверхность водосбора, является одним из наиболее мощных факторов развития химических эрозионных процессов. Степень доступности горных склонов к влагоносным воздушным массам в зависимости от их экспозиций, количество и характер внутригодового распределения атмосферных осадков определяют внутригодовой режим стока растворенных веществ. Реки Большого и Малого Кавказа по характеру внутригодового режима стока относятся к группе рек с основным стоком в весенне-летние месяцы (март-август). Наши исследования показывают, что в этот период они приносят более 80% годового объема стока растворенных веществ. В целом, выдерживается общее соотношение – чем больше жидкий сток, тем больше сток растворенных веществ [5]. В качестве примера на рисунке 1 приведены совмещенные графики для территории Большого Кавказа.

Своеобразный внутригодовой режим стока растворенных веществ имеют реки Ленкоранской природной области. Здесь наблюдаются две ярко выраженные фазы увеличения стока растворенных веществ и воды – весенняя и осенняя. В этот период реки приносят 60-85% годового объема стока растворенных веществ. Почти на всех реках в зимние месяцы характеризуются минимальными значениями стока растворенных веществ.

Степень воздействия стока неодинакова на разных горных породах. В целом, чем менее устойчивы к химической денудации породы, тем значительнее на них происходит усиление химической денудации при увеличении водного стока.

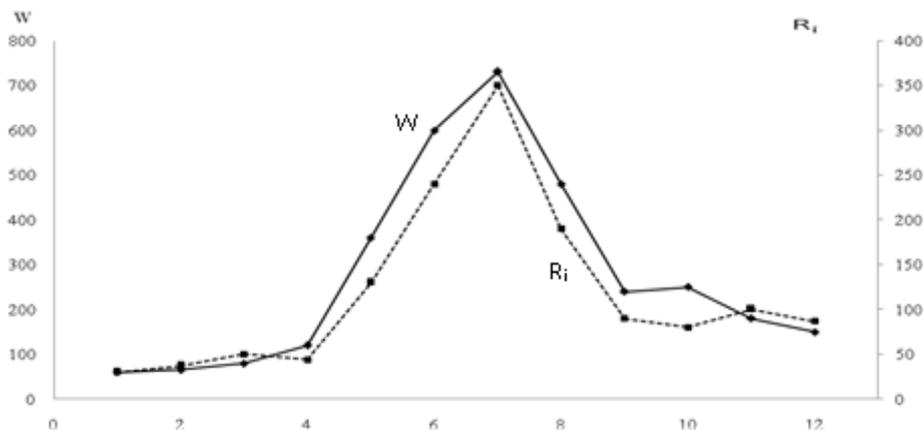


Рисунок 1. Внутригодового хода изменения суммарного значения среднемесячных величин объема стока ( $W$ , млн. м<sup>3</sup>) и растворенных веществ ( $R_i$ , тыс. т) Большого Кавказа

Одним из наиболее активно действующих факторов, обуславливающих интенсивность процессов химического выветривания и разрушения горных склонов, является климат. На роль климата в формировании минерализации и химического состава речных вод обратил внимание О.А. Алекин. Этот автор в результате всестороннего анализа приходит к выводу, что климат, определяющий в общих чертах зональность и распределение минерализации речных вод, создает как бы общий фон, на котором развивается действие других факторов формирования химического состава воды [6]. Из последнего следует, что должна существовать связь между средними годовыми значениями минерализации и водного стока рек, что и подтверждается полученной автором зависимостью между средней годовой минерализацией и модулем водного стока для 53 крупных и средних рек бывшего СССР, расположенных в различных географических зонах. Для проверки наличия связи между многолетними среднемесячными расходами воды и минерализацией вод горных рек нами построена зависимость для 89 рек Азербайджана. В качестве примера приведены связи между среднемесячными расходами воды и минерализацией некоторых рек (рис. 2).

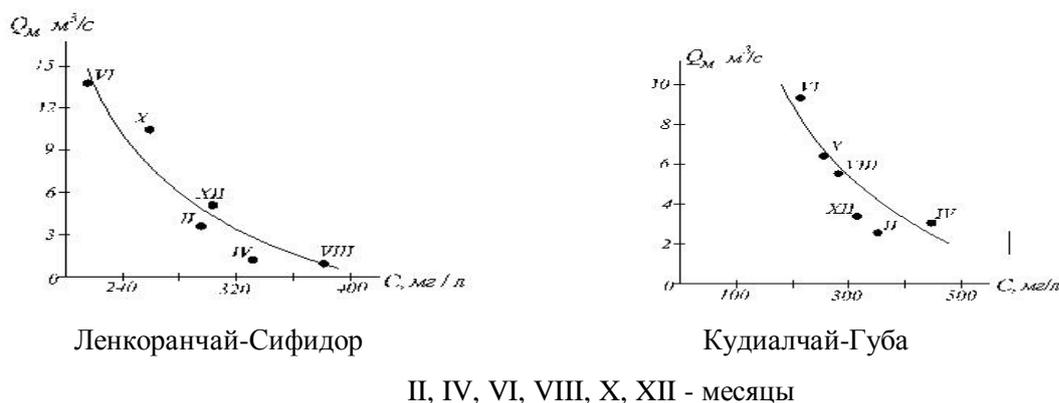


Рисунок 2. Зависимость среднемесячных расходов воды ( $Q_m$ , м<sup>3</sup>/с) и минерализации ( $C$ , мг/л)

Как видно из графика, между указанными величинами наблюдается четко выраженная обратно пропорциональная зависимость, что бесспорно подтверждает вышеизложенное. Очевидно, что такая связь между увлажненностью и минерализацией определяет зональность последней, но кроме этого немаловажную роль играют: температура

воздуха и почвы, которые с возрастанием высоты уменьшаются, что приводит к уменьшению продуктивности микроорганизмов и растений. Кроме того, распространенность и мощность почвенного покрова, которые также уменьшаются по высоте, способствуют уменьшению солевой базы высотной зоны и т.д. [7].

Климатические условия Азербайджана отличаются отличительным многообразием и ярко выраженной вертикальной поясностью, обусловленной рельефом горных сооружений, экспозицией склонов и сложным взаиморасположением хребтов и внутригорных котловин. Например, обильное выпадение осадков в Талыше обусловлено, во-первых, близостью моря, во-вторых, круговым окаймлением с юго-западной стороны непрерывного горного кольца Талышского хребта. Такое расположение горных систем и близость моря при вторжении с севера, северо-востока и востока относительно холодных воздушных масс приводит к накоплению влаги, достаточной для осадконакопления. На южном склоне Главного Кавказского хребта выпадает до 1500-1600 мм, на Малом Кавказе – 800-900 мм, на юге Талыша – даже до 1700 мм и более осадков [8]. Однако при анализе процессов выветривания пород представляет наибольший интерес суточное колебание температуры воздуха. Данные наблюдений показывают, что суточные амплитуды температуры воздуха менее 1° встречаются весьма редко. Наиболее часто в зимние месяцы повторяются амплитуды порядка 4-7°. Температура может оказывать прямое и косвенное влияние на интенсивность химических процессов. Температурный фон влияет на гидрологический режим рек, на стаивание снежного покрова, вызывает оттепели и промерзание почв зимой – все это оказывает существенное воздействие на развитие химической денудации. Интенсивность растворения некарбонатных пород во влажном климате, как правило, с повышением температуры возрастает. Как показали исследования, с повышением температуры растворимость известняка несколько снижается, но скорость растворения увеличивается, и это увеличение существенно больше, чем снижение растворимости. При повышении температуры на 10<sup>0</sup>С скорость реакции примерно удваивается, с повышением еще на 10<sup>0</sup>С – опять удваивается, т. е. становится вчетверо больше первоначальной [9].

В сухом климате увеличение температуры приводит к испарению большей части выпадающих осадков и к уменьшению количества поверхностных и подземных вод зоны активного водообмена, что ослабляет развитие химических процессов. Так, по мнению К.А. Горбуновой и Н.Г. Максимовича сухой субтропический климат с осадками менее 200 мм для территории бывшего СССР является наименее благоприятным для развития карстовых процессов [10].

Следует отметить, что термические условия, количество выпадающих осадков и их характер оказывают существенное влияние на формирование растворенных веществ. Это влияние проявляется в различной степени для разных регионов Республики, которое показано на примере Малого Кавказа на рис. 3, представляющих графики совмещенного хода температуры воздуха, осадков, стока воды и растворенных веществ.

Своеобразна связь между минерализацией и расходами воды рек с карстовым питанием. При значительной закарстованности речных бассейнов взаимосвязь между минерализацией и расходами воды отображается кривой с двумя ветвями. Однако минерализация воды на подъеме половодья ниже, чем на спаде. Подобное различие в значениях минерализации на подъеме и на спаде половодья наблюдается только при положительном влиянии карста на водный сток реки. Так, для р. Кудиялчай зависимость  $S=f(Q)$  представлена в виде двух ветвей [4]. Минерализация воды на подъеме половодья ниже, чем на спаде (рис. 4).

Это может быть объяснено тем, что при хорошей гидравлической связи реки с подземными водами в период развития половодья подземное питание уменьшается, а затем прекращается за счет изменения направления уклона подземных вод в сторону от

речной долины. Питание реки в это время осуществляется преимущественно маломинерализованными талыми водами поверхностного происхождения. Затем, на спаде половодья, уклон подземных вод вновь приобретает направление в сторону реки и в ее питании увеличивается доля подземной составляющей. Минерализация воды реки в это время существенно выше, чем при тех же расходах в период подъема половодья. Кроме того, значительная часть поверхностного стока переходит в подземный; талые воды, фильтруясь в толще гипсы, обогащаются солями и попадают в речную сеть уже на спаде половодья [4].

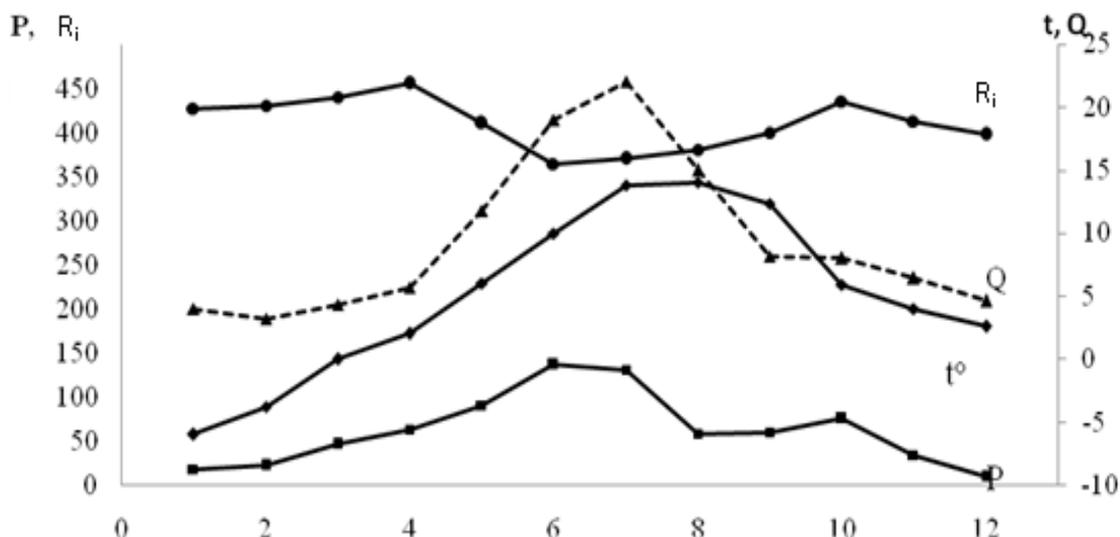


Рисунок 3. Совмещенные графики внутригодового хода изменения суммарного значения среднемесячных величин температуры воздуха ( $t^0$ ), осадков ( $P$ , мм), расходов воды ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) и растворенных веществ ( $R_i$ , тыс.т) для Малого Кавказа

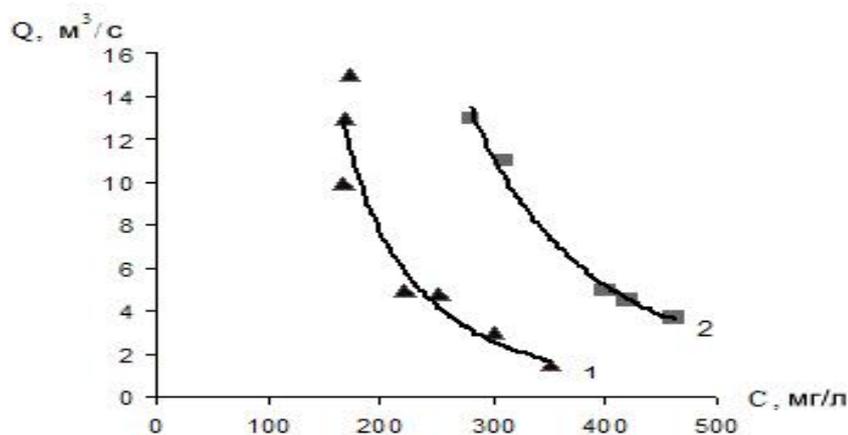


Рисунок 4. Зависимость минерализации ( $C$ , мг/л) от расходов воды ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) для р. Кудиалчай: 1 – подъем половодья, 2 – спад половодья

Из азональных факторов на химический состав природных вод влияет тип горных пород, слагающих область активного водообмена приповерхностного слоя земной коры. В благоприятных условиях выветривания и растворения кристаллические породы являются источниками сульфат-ионов (сульфиды металлов), кальция (породы среднего состава), магния (породы основного и ультраосновного состава: перидотиты, базальты, андезиты), натрия (породы кислого состава – граниты, гранито-гнейсы).

В группу хемо- и органогенных пород включены в себя карбонатные и сульфатно-карбонатные породы, которые являются главным поставщиком в природные воды гидрокарбонатов, сульфат-ионов, кальция и магния. Осадочные галогенные породы, представленные галитом, сильвинитом и др., являются источниками натрия и хлора.

Макрокомпоненты (кальций, магний, натрий, калий, сульфаты, хлор, гидрокарбонаты) часто достигают 95–96 % суммарной минерализации вод. Такое соотношение обусловлено распространенностью соответствующих минеральных соединений в литосфере и их растворимостью, поскольку последние широко участвуют в формировании химического состава природных вод.

Большую роль в миграции элементов играет щелочно-кислотный характер водной среды, зависящий от ее состава и в частности величины pH [11]. Многие из макроэлементов хорошо мигрируют и в щелочной и в кислотной средах (хлор, сульфат, натрий, калий, кальций).

Каждый из основных макрокомпонентов формируется при участии определенных пород и минеральных соединений, присутствующих в породах в различной форме. Участие пород в формировании компонентного состава вод может быть выявлено по соответствию компонентного состава геохимических типов вод литолого-минералогическим особенностям пород. Довольно четко по химическому составу дифференцируются воды, соответствующие сульфатным галогенным и карбонатным породам; частично – воды, приуроченные к осадочным терригенным отложениям и кристаллическим породам. Воды, приуроченные к карбонатным породам, полностью соответствуют им по катионам и анионам. Там, где преобладают известняки, воды, имеют кальциевый состав, доломиты – кальциево-магниевый состав; среди анионов преобладают гидрокарбонаты. Речные воды, связанные с карбонатными породами, распространены довольно широко. По данным Н.Г. Максимовича и др., в пределах континентов площади, занимаемые известняками, доломитами, мелом составляют до 40 млн. км<sup>2</sup> [12].

Гидрокарбонатно-кальциевые воды имеют сравнительно невысокую минерализацию: 170–250 мг/л. Ее величина зависит от увлажнения территории и уменьшается при увеличении водности реки. Воды, приуроченные к сульфатным породам (гипсам и ангидритам) имеют сульфатно-кальциевый состав. Почти во всех случаях, связанных с выщелачиванием и растворением сульфатных пород, развивается активная форма химической денудации – карст. Минерализация сульфатно-кальциевых вод в гумидных зонах составляет в среднем 220–300 мг/л, в условиях недостаточного увлажнения повышается до 600–700 мг/л [13].

Воды, приуроченные к галогенным породам, по ионному составу хлоридно-натриевые в случае галитовых пород, хлоридно-натриево-магниевые в случае карналлитовых и, отчасти, основных пород. Эти типы речных вод формируются, как правило, в условиях недостаточного увлажнения, для которых характерно наличие областей континентального засоления. В этом случае средняя минерализация вод достигает 0,8–1,0 г/л. Воды, приуроченные к осадочным терригенным и кристаллическим породам, соответствуют минералогическим особенностям пород, в основном, только по катионам. В кристаллических породах среднего состава воды преимущественно кальциевые, основного и ультраосновного состава – магниевые, кислого состава – натриевые. В осадочных терригенных породах кальций-полевошпатового состава воды кальциевые; в натрий-полевошпатовых – натриевые.

Основные группы пород различаются между собой по модулям стока растворенных веществ достаточно отчетливо. Кристаллические породы являются наиболее устойчивыми к химическому разрушению. Более подвержены химической денудации осадочные породы. Как было отмечено выше, на осадочные отложения приходится 3/4 площа-

ди суши, а по некоторым данным около 80% поверхности континентов покрыты осадочными породами [14, 15].

Разновидности горных пород довольно четко дифференцируются по величине стока растворенных веществ. Осадочные отложения наиболее контрастны по модулям стока растворенных веществ среди всех других типов горных пород. С одной стороны, в этой группе наблюдаются минимальные значения стока растворенных веществ, связанные с терригенными осадочными породами (конгломератами, галечниками, песками), с другой – максимальные, приуроченные к хемо- и органогенным породам (карбонатным, сульфатным отложениям).

На интенсивность растворения пород влияют следующие факторы [16].

1) Наличие в преобладающих горных породах примесей, которые характеризуются меньшей (или, наоборот, большей) растворимостью. При наличии в качестве примесей легкорастворимых соединений, например, галогенов, общий сток растворенных веществ может возрасти.

2) Наличие в природных водах углекислоты. Значительные концентрации  $\text{CO}_2$  увеличивают агрессивность вод и повышают растворимость соединений. При этом важно, что углекислота биогенного происхождения является наиболее агрессивной и в большем количестве продуцируется в ландшафтах с максимальной биомассой. Насыщенные углекислотой воды агрессивны даже по отношению к устойчивым сульфидам.

3) Структура и текстурные особенности горных пород, а также их трещиноватость. Так, L. Jakucs отмечает, что плотные монолитные карбонатные породы являются менее растворимы, чем массивы кристаллического известняка с неровными и шероховатыми изломами, у которых поверхность контакта с водой увеличивается [17]. Шероховатость и разнообразие литологического состава пород характерна для горных областей, и, следовательно, вполне объяснимы большие величины стока растворенного материала из гор.

4) Температурные условия протекания химических процессов. Влияние этого фактора неоднозначно, есть соединения, у которых растворимость уменьшается с повышением температуры (кальцит и доломит в составе карбонатных пород), возрастает в интервале температур от 0 до 40-50<sup>0</sup> С и потом вновь уменьшается (сульфаты кальция, натрия и магния), только возрастает (соединения хлора и карбонат натрия).

В целом же с увеличением температуры скорости химических реакции растворения повышаются, и, значит, наиболее благоприятными для протекания химических процессов будут теплые и влажные условия. Однако теплые воды могут абсорбировать меньшее количество углекислого газа, чем более холодные воды, у которых карбонатная емкость выше. В более высокие температуры вызывают ускоренное растворение и энергичное продуцирование  $\text{CO}_2$  в ходе неорганических и органических процессов почвообразования. У природных вод при этом больше шансов достигнуть высокой степени насыщения  $\text{CO}_2$ , а при высоких температурах происходит осаждение и выпадения из раствора карбоната кальция, следовательно, уменьшение стока растворенного материала.

На равнинах сток растворенных веществ наиболее сильно возрастает при переходе от низменностей и возвышенностей к равнинным рекам с истоком в горах. В горных условиях максимальные значения такого стока приурочены к речным бассейнам, преимущественно расположенным в высоких горных системах. По сравнению с низменностями, интенсивность химического выноса растворенного материала в высокогорьях в 2–2,5 раза интенсивнее, чем на низменностях равнин.

На эмпирическом материале было установлено, что химическое разрушение гор протекает более активно, чем равнинные территории [18, 19]. При этом соотношение в ионном стоке с низменностей, интенсивность стока РВ в горах 0,5-4 раза больше [19].

Позднее была предпринята попытка уточнить эти цифры. Согласно исследованиям М. Pulina, рассматриваемое соотношение составляет для областей с холодным климатом 0,5-2,3 раза, а для областей с теплым климатом – 0,5-3,2 раза, опираясь на данные по стоку растворенных веществ [20].

Отсюда был сделан вывод о его 5–10 кратном усилении в горах по сравнению с низменным рельефом. Данные показали, что в умеренном поясе даже высокие горы подвергаются химической денудации лишь в 2–2,5 раза интенсивнее, чем низменности [21]. В среднем соотношение равнин и гор по химической денудации определяется как 1:1,6. По всей видимости, ведущими факторами, обуславливающими такое соотношение интенсивности химического разрушения равнинных и горных областей, являются более пестрый литологический состав последних и интенсивность водообмена, контролируемая величиной жидкого стока.

Если проследить за изменением минерализации речных вод от более высоких отметок рельефа к более низким, то видно, что в целом она увеличивается. Причина тому – обогащение воды растворенными веществами при движении от водораздельных частей вниз по склонам, что обусловлено длительным временным контактом речных вод с горной породой. При этом может измениться гидрохимический тип вод, снизиться содержание преобладающих в ультрапресных водах высокогорий ионов кальция и гидрокарбонат-ионов. Эта закономерность носит не локальный, а общегеографический характер [22]. Однако, несмотря на то, что минерализация увеличивается, уменьшается жидкий сток, это приводит к снижению модулей стока растворенных веществ рек [23, 24].

Среди других факторов, обуславливающих более интенсивное химическое разрушение гор – их большая трещиноватость и сложные условия залегания горных пород. Так, карстовые процессы наиболее активно проявляются на участках земной коры с положительными тектоническими движениями, сопровождающимися трещинообразованием, где карстующиеся породы находятся в зоне активного водообмена [10].

Таким образом, пространственную дифференциацию стока растворенных веществ определяют зональные климатические и климатически обусловленные (в первую очередь, жидкий сток) факторы, их влияние нарушают азональные, среди которых основные являются литологический состав водосборов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рустамов С.Г. Водные ресурсы Азербайджанской ССР / С.Г. Рустамов, Р.М. Кашкай. - Баку-Элм, 1989. - 180 с.
2. Гидрохимический бюллетень ГГМ по окружающей среде 1995-2013 гг.
3. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1. Реки. 1980-1994 гг.
4. Абдуев М.А. Методические вопросы расчета среднесноголетнего ионного стока горных рек (на примере Азербайджана). / М.А. Абдуев // Метеорология и гидрология. – 2011. - № 4. - с. 96 - 103
5. Абдуев М.А. Изменение режима биогенных веществ и их выноса реками Азербайджанской Республики / М.А. Абдуев // Географический вестник. – 2011. - № 3(18). - с. 14-22
6. Алекин О.А. Основы гидрохимии. / О.А. Алекин Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
7. Абдуев М.А. Закономерности территориального распределения модуля ионного стока горных рек Азербайджана / М.А. Абдуев // Метеорология и гидрология. – 2014. - № 7, с. 72 - 82

8. Шихлинский Э.М. Атмосферные осадки / Э.М. Шихлинский // Климат Азербайджана. Баку. - 1968. - с. 99-120
9. Гвоздецкий Н.А. Карст. / Н.А. Гвоздецкий. - М. : Мысль, 1981. - 214 с.
10. Горбунова К.А. Техногенное воздействие на закарстованные территории Пермской области / К.А. Горбунова, Н.Г. Максимович // География и природные ресурсы. - 1991. - № 3. - с.42–46.
11. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. - М. : Издат. дом Астрей, 2000. - 768 с.
12. Максимович Н.Г. Геоэкологическое состояние рек в районах освоения угольных месторождений. Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России: новые результаты и новые перспективы / Н.Г. Максимович, Е.А. Меньшикова, С.М. Блинов // Материалы XIII Геол. съезда Республики Коми. – Сыктывкар, 1999. – с. 156–159.
13. Абдуев М.А. Вынос сульфатов характерными реками Азербайджана. Материалы IV Межд. науч.-практ. конф. "Молодежь и наука: реальность и будущее". - Невинномысск, 2011. - с. 391-393
14. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия / В.А. Алексеенко - М. : Логос, 2000. - 627 с.
15. Гаррелс Р. Эволюция осадочных пород / Р. Гаррелс, Ф. Маккензи. - М. : Мир, 1974. - 272 с.
16. Самарина В.С. Гидрогеохимия. - Л. : Изд-во ЛГУ, 1977. - 360 с.
17. Jakucs L. The role of climate in the quantitative and qualitative control of Karstic corrosion // Acta geogr., Szeged. 1970. Т. 10. № 1. Р. 8–19.
18. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т.1. - М. : Изд-во АН СССР, 1962. - 212 с.
19. Corbel J. L'erosion terrestre, etude quantitative (Methodes. Techniques. Resultats) // Ann. geogr. 1964. V. 73. №398. Р. 385–412.
20. Pulina M. Denudacja chemisna na obszerach krasu weglawege // Pr. geogr. Inst. geogr. PAN. 1974. №105. 159 s.
21. Мозжерин В.И. Геоморфологический анализ твердого речного стока гумидных равнин умеренного пояса : автореф. дис. ... докт. геогр. наук. / В.И. Мозжерин. – Санкт-Петербург, 1994. - 32 с.
22. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / Шварцев С.Л. - М. : Недра, 1978. - 278 с.
23. Черемисинов А.Ю. Роль рекреационных ландшафтов в развитии техносферы: монография. Сер. Природообустройство / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2014. - 312 с.
24. Попело А.В. Методический подход к формализации данных о свойствах (качестве) природных, природно-антропогенных, социальных систем объектов техносферы / А.В. Попело, В.Д. Попело, А.Ю. Черемисинов // Мелиорация, водоснабжение и геодезия. Матер. межвуз. научно-практич. конференц. / под редакцией А.Ю. Черемисинова. – Воронеж : ВГАУ, 2013. - С. 80-84.

**Abduyev M.A.**, Doctor of Geographical Sciences  
Azerbaijan state pedagogical University named after N. Tusi  
**Sadygov E.A.**, Candidate of economic Sciences, Assistant Professor  
Voronezh State Agricultural University after Emperor Peter I

## **MAJOR NATURAL FACTORS OF FORMATION DRAIN OF THE DISSOLVED SUBSTANCES OF THE MOUNTAIN RIVERS OF AZERBAIJAN**

The article analyzes some natural factors (type of rocks, karst, the climate, the water regime of rivers) affecting the flow formation of dissolved substances in the mountain rivers of Azerbaijan. The study used the ionic component of the flow of solutes. The general scheme of the spatial distribution of runoff of dissolved substances on the altitudinal belts in the mountains due to, changes in zonal climatic parameters that affect the intensity of the chemical processes of dissolution and leaching of rocks. By identifying the relationship between the average monthly water consumption and the amount of mineralization in areas - analogs, data accepted reference points have been brought to a uniform long period. In extended series set average annual flow of water and solutes. Distribution of Flow solute studied rivers similar to the intra-mode flow of water, due to the fact that the amount of water coming to the surface of the catchment area is one of the most powerful factors in the development of chemical erosion. The availability of mountain slopes to vlagonosnym air masses, depending on their exposure, the amount and nature of intra- distribution of precipitation determines intra-mode flow of solutes. On the whole, maintained the overall ratio - the more liquid stock, the greater the flow of solutes. It was revealed that the most active of the factors contributing to the intensity of chemical weathering and destruction of mountain slopes, is the climate. The climatic conditions of Azerbaijan different distinctive diversity and pronounced vertical zonation, caused by mountainous terrain structures, exposition of slopes and difficult interposition ridges and intermontane basins. In general, it revealed that the main natural factors have a significant impact on the flow of solutes rivers.

Key words: natural factors, runoff of dissolved substances, ion runoff of mountain rivers in Azerbaijan, the average water consumption, factors of formation of the chemical composition of the water

УДК 632.125:556.33(470.32)

**Семенов О.П.**, к.т.н., профессор

**Куликова Е.В.**, к.б.н., доцент

**Хруцкий С.В.**, ст. н. с.

**Ревин И.А.**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

## **УСЛОВИЯ ПИТАНИЯ ОСНОВНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ЦЕНТРАЛЬНО- ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ТОЛЩ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД И СТРОЕНИЯ ФОРМ ПЕРВИЧНОЙ ЭРОЗИОННОЙ СЕТИ**

Дается оценка влияния состава пород и строения врезанных в них форм первичной эрозионной сети на условия питания основных водоносных горизонтов в крупнейших гидрогеологических районах Центрально-Черноземного региона, отличающихся особенностями строения эрозионного рельефа. Питание водоносного горизонта происходит путем фильтрации атмосферных осадков в толще водосодержащих пород. Если эти толщи выходят на дневную поверхность или прикрываются водопроницаемыми породами, оно осуществляется путем непосредственной фильтрации. Однако очень часто выше толщ, содержащих основные водоносные горизонты, залегают водоупорные породы. В этих случаях питание водоносных горизонтов путем горизонтального перемещения подземных вод из тех мест, где происходит их пополнение путем непосредственной фильтрации. От строения эрозионных форм рельефа – от ширины их днищ, высоты и крутизны их склонов зависит их емкость – способность их накапливать поступающие в них атмосферные воды. Существуют различные методы искусственного улучшения условий питания водоносных горизонтов: строительство плотин в тех формах первичной эрозионной сети, где воды фильтруются в водоносные горизонты, облесение днищ и склонов форм эрозионной сети. Условия питания водоносных горизонтов весьма различны в разных частях ЦЧР.

Ключевые слова: водоносные горизонты, формы эрозионной сети, фильтрующие водоупорные породы.

На территории Центрально-Черноземного района расположен ряд гидрогеологических районов с присущими им условиями водоснабжения. Следует отметить ряд крупнейших из них, поскольку они отличаются специфическими особенностями строения эрозионного рельефа.

1. На северо-востоке ЦЧР на Окско-Донской низменности находится район, в котором основная роль в водоснабжении принадлежит водоносному горизонту, залегающему в песках аллювиального происхождения четвертично-неогенового возраста.

2. На юго-западе и юге ЦЧР располагается район, где основной водоносный горизонт приурочен к пескам, подстилающим мел-мергельную толщу верхнемелового возраста.

3. На крайнем юге и юго-востоке ЦЧР, где песчаные породы, подстилающие мел, постепенно погружаются на большую глубину, а на юге Воронежской области выклиниваются, основная роль в водоснабжении принадлежит водам, залегающим в мел-мергельных породах.

4. На севере ЦЧР находится гидрогеологический район, где основным источником водоснабжения являются воды, залегающие в верхне-девонских известняках.

Другие гидрогеологические районы на территории ЦЧР занимают менее значительную площадь и не столько резкие отличительные черты по условиям залегания основных водоносных горизонтов.

Питание водоносного горизонта происходит путем фильтрации атмосферных осадков в толще водосодержащих пород. Если эти толщи выходят на дневную поверхность или прикрываются водопроницаемыми породами, оно осуществляется путем непосредственной фильтрации. Однако очень часто выше толщ, содержащих основные водоносные горизонты, залегают водоупорные породы. В этих случаях питание водоносных горизонтов путем горизонтального перемещения подземных вод из тех мест, где происходит их пополнение путем непосредственной фильтрации [2].

Наиболее значительная роль в питании водоносных горизонтов принадлежит паводковым водам, являющимся результатом весеннего снеготаяния. Частично талые воды стекают в речные долины, профильтровываясь в водоносные горизонты, частично же снежные осадки накапливаются в эрозионной сети и в лесопосадках, что увеличивает длительность весеннего таяния снега и тем улучшает условия питания ими водоносных горизонтов [5].

Поступление атмосферных осадков в водоносные горизонты находится в тесной зависимости от ряда природных факторов.

1. Литологический состав пород, содержащих основные водоносные горизонты, и кроющих их пород. Наиболее благоприятны условия питания водоносных горизонтов, содержащихся в крупнозернистых песках и в плотных породах, отличающихся сильной трещиноватостью и закарстованностью. Кроющие водоносные горизонты породы могут быть водопроницаемыми и водоупорными.

2. Характер поверхности, ее общий уклон. На пространствах с развитием водораздельных плато с уклонами поверхности менее 1 градуса сток поверхностных вод значительно слабее, чем на поверхностях с большими уклонами, где условия фильтрации поверхностных вод менее благоприятны.

3. Характер распространения, строения и глубина врезания эрозионной сети водосодержащие и кроющие породы.

В эрозионной сети условия для накопления снежных запасов более благоприятны, чем вне ее. Следовательно, в районах с более значительной густотой эрозионной сети имеются лучшие условия для накопления снежных наносов [1].

Глубина врезания эрозионной сети в поверхность влияет на питание водоносных горизонтов. Глубоко врезанные формы первичной эрозионной сети (обычно – балочные и суходольные ее звенья) дренируя водоупорные породы, кроющие водосодержащие толщи частично врезаются в водосодержащие породы основных водоносных горизонтов, что способствует большей интенсивности их питания.

От строения эрозионных форм рельефа – от ширины их днищ, высоты и крутизны их склонов зависит их емкость – способность их накапливать поступающие в них атмосферные воды [6].

Существуют различные методы искусственного улучшения условий питания водоносных горизонтов: строительство плотин в тех формах первичной эрозионной сети, где воды фильтруются в водоносные горизонты, облесение днищ и склонов форм эрозионной сети.

Условия питания водоносных горизонтов весьма различны в разных частях ЦЧР.

Северо-восточный гидрогеологический район – Окско-Донская низменность отличается незначительной густотой и глубиной врезания эрозионной сети, широким распространением плоских водораздельных плато. Условия питания основного водо-

носного горизонта в разных частях этой территории весьма различно. В центральной части низменности пески четвертично-неогенового возраста перекрываются мощной толщей водоупорных пород озерно-аллювиальных глин, озерно-ледниковых и ледниковых глин и тяжелых суглинков четвертичного возраста. В таких условиях питание основного водоносного горизонта происходит лишь в речных долинах и в нижних частях балок и суходолов, впадающих в долины [3]. В большей же части балок и в формах ложинного звена в днищах залегают водоупорные породы, что делает возможным строительство водоудерживающих прудов, и не благоприятствует фильтрации атмосферных осадков непосредственно в основной водоносный горизонт.

В западной части Окско-Донской низменности широко распространены песчано-суглинистые водопроницаемые породы – перигляциальный аллювий широких надпойменных террас древних долин Дона и Воронежа. Фильтрация атмосферных осадков в основной водоносный горизонт – в пески аллювия четвертично-неогенового возраста непосредственно с земной поверхности происходит на большей части территории. Особенно интенсивна она в балках, врезанных в песчаные террасы Дона с широкими плоскими днищами, сложенными песком. В.А. Дубянский (1957) предлагал мероприятия по сплошному облесению днищ таких балок в целях ослабления в них процессов донной эрозии и задержание атмосферных осадков для повышения процесса фильтрации в основной водоносный горизонт [1]. Глубокие балки местами с благоприятными условиями фильтрации имеют развитие на Доно-Воронежском междуречье по правому склону долины реки Воронеж.

Здесь крупные балки в нижних их частях врезаются в плотные глины неогена и питание водоносного горизонта происходит непосредственно с поверхности их днищ.

Непосредственное питание с поверхности происходит на западе Доно-Воронежского междуречья и к востоку от него, где песчаные толщи слагающие верхнеплейстоценовые террасы глубоко врезаны в более древние породы.

В гидрогеологических районах в центральной и южной части Среднерусской возвышенности на высоких междуречьях водосодержащие породы – мел-мергельные толщи кроются глинистыми отложениями палеогенового возраста, а помимо того - на правобережье Дона - тяжелыми ледниковыми суглинками четвертичного возраста. Формы ложбинных и ложинных звеньев, врезающихся в эти породы, обычно не вскрывают их полностью, поэтому накапливающиеся в них атмосферные воды не питают основные водоносные горизонты, а водонепроницаемые породы представляют здесь местные водоупоры для маломощных водоносных горизонтов [7].

Формы балочного и суходольного звеньев первичной эрозионной сети имеют особенности строения, обусловленные специфическими свойствами мел-мергельных пород – их устойчивостью по отношению к процессам водной эрозии и интенсивной размываемости водными потоками продуктов их выветривания, образовавшимися в перигляциальных условиях плейстоцена. Под воздействием водной эрозии выработаны балки и суходолы с крутыми склонами, с выходами коренных пород и широкими плоскими днищами. Они глубоко врезаны в поверхность, вскрывая водопроницаемые породы и кроющие их водоупоры [4]. В таких балках рекомендуется строить так называемые – сухие пруды, где накапливаются большие объемы весенних паводковых вод, которые постепенно профильтровываются в водосодержание толщи, пополняя водоносные горизонты.

В крутые склоны речных долин, суходолов и балок врезаны глубокие ложины циркообразной формы со склонами, выработанными делювиальными и солифлюкционными процессами в перигляциальных условиях плейстоцена.

В таких ложинах на дневную поверхность выходят плотные трещиноватые меловые породы или же они прикрыты маломощным слоем делювия. Здесь проведение

противоэрозионных мероприятий должно способствовать фильтрации вод в основные водоносные горизонты.

В северном гидрогеологическом районе Центрально-Черноземного региона основной водоносный горизонт залегает в трещиноватых известняках верхнедевонского возраста. Особенно хорошо выражена трещиноватость в известняках ливенского горизонта, являющегося основным источником водоснабжения в ливенском и задонском районах Орловской и Липецкой области.

На высоких междуречьях известняки прикрываются песчано-глинистыми породами аптского яруса, а местами и глинами неокомского надъяруса нижнемелового возраста. На территории Липецкой и Воронежской областей все эти породы прикрываются тяжелыми ледниковыми суглинками четвертичного возраста. Формы ложбинного, а отчасти и лощинного звена, здесь, как правило, не вскрывают породы, вмещающие основной водоносный горизонт. Питание атмосферными водами путем непосредственной фильтрации в таких условиях не происходит. Здесь следует сооружать водоудерживающие пруды.

Суходолы и балки, а местами и лощины, врезаны, как правило, в водосодержащие известняки. В таких породах эрозионные формы рельефа с незначительной шириной днищ и крутыми склонами не отличаются большой емкостью. Однако, условия питания основного водоносного горизонта в эрозионной сети весьма благоприятны [8, 9, 10]. Помимо сильной трещиноватости известняков нередко в днищах лощин и балок получили развитие хорошо выраженные карстовые воронки, ниже которых при движении в сторону речных долин прослеживаются лишь неглубокие лощины или ложбины. Поэтому чтобы активизировать поступление поверхностных вод в водоносный горизонт в днищах балок, врезанных в известняки, следует проводить различные водоудерживающие мероприятия, вплоть до строительства плотин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубянский В.А. Борьба с линейной эрозией на Донском левобережье и ее значение для защиты Дона и Цимлянского водохранилища от песчаных наносов // Изв. АН СССР, сер. геогр., 1957. - № 6.
2. Елфимов Т.Н. Подземные воды. Воронежская область. Природные условия / Т.Н. Елфимов. – Воронеж : Воронеж. обл. книгоиздат., 1952. – Т. 1. - С.166 - 188.
3. Хруцкий С.В. Формы первичной гидрографической сети, их генезис и проблемы типизации / С.В. Хруцкий, О.П. Семенов, Э.В. Косцова // Геоморфология, 1998. - № 4. – С. 85-93.
4. Семенов О.П. Роль первичной эрозионной сети в питании основных водоносных горизонтов на территории Центрально-Черноземного региона / О.П. Семенов, С.В. Хруцкий, Е.В. Куликова // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). - 2015. - № 1. - С. 26-28.
5. Радцевич Г.А. Изменение климатических условий в Центральном Черноземье / Г.А. Радцевич, А.А. Черемисинов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). - 2015. - № 1. – С. 77-83.
6. Словарь терминов и определений / А.Ю. Черемисинов, В.Д. Попело, О.П. Семенов, С.В. Ломакин, С.А. Макаренко, С.П. Бурлакин, И.П. Землянухин, А.А. Черемисинов, Н.С. Анненков, Е.В. Куликова, В.И. Ступин, М.В. Ванеева, В.С. Зуев, С.В. Саприн. – Воронеж : ВГАУ, 2014. – 212с.
7. Хруцкий С.В. Условия водоснабжения на территории Воронежской области и их зависимость от различных природных факторов / С.В. Хруцкий, О.П. Семенов, Е.В. Куликова // Вестник Воронежского аграрного университета. – 2011. - № 3. – С. 14-18.

8. Семенов О.П. Лощины как одно из звеньев генетической цепи эрозионных форм рельефа / О.П. Семенов, С.В. Хруцкий, Е.В. Куликова // Мелиорация, водоснабжение и геодезия : матер. межвуз. научно-практич. конференц. – Воронеж : ВГАУ, 2014. - С. 26-28.

9. Попело А.В. Методический подход к формализации данных о свойствах (качестве) природных, природно-антропогенных, социальных систем объектов техносферы / А.В. Попело, В.Д. Попело, А.Ю. Черемисинов // Мелиорация, водоснабжение и геодезия. Матер. межвуз. научно-практич. конференц. / под редакцией А.Ю. Черемисинова. – Воронеж : ВГАУ, 2013. - С. 80-84.

10. Григоров М.С. Необходимы новые подходы к орошению черноземов / М.С. Григоров, А.Ю. Черемисинов // Земледелие. - 1991. - № 10. - С. 35-37.

**Semenov O.P.**, Candidate of Technical Sciences, Professor

**Kulikova E.V.**, Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor

**Khrutsky S.V.**, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher

**Revin I.A.**

Voronezh State Agricultural University after Emperor Peter I

#### **CONDITIONS OF THE DELIVERY OF THE MAIN WATER BEARING HORIZONS IN HYDROGEOLOGICAL AREAS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION DEPENDING ON STRUCTURE OF THICKNESSES OF COMPOSITION OF THE ROCKS FORMING RELIEF AND THE STRUCTURE OF FORMS OF PRIMARY EROSIONAL PATTERN**

The estimation of the influence of rock composition and structure embedded therein forms the primary erosive network in terms of supply major aquifers in the major hydrogeological areas of Central Black Earth region, characterized by structural features of erosional relief. Power aquifer occurs by filtering the precipitation in the thickness of water-bearing rocks. If these strata outcrop or are covered with permeable rocks, it is carried out by direct filtration. However, very often above the strata containing the main aquifers overlies impermeable rock. In these cases, the power of aquifers by horizontal movement of groundwater from the places where they are updating by direct filtration. From the structure of erosion forms of relief - on the width of their heads, height and steepness of slopes depends on their capacity - their ability to accumulate them coming in atmospheric water. There are various methods for improving the conditions of artificial aquifers supply: construction of dams in the forms of erosion of primary pattern, where the water is filtered into aquifers, afforestation bottoms and slopes of erosional forms online. Terms of supply aquifers are very different in different parts of the Central Black Earth region.

Keywords: the water bearing horizons, forms of an erosive pattern filtering waterproof breeds

УДК 631.2

**Жердев В.Н.**, д. с-х н., профессор,

Воронежский государственный педагогический университет

**Студеникина Л.Н.**, к.т.н., доцент

**Шелкунова М.В.**

Воронежский государственный университет инженерных технологий

## **ВИДОВОЙ СОСТАВ АКТИВНОГО ИЛА ИЗ АЭРОТЕНКОВ ЛЮС**

В статье рассматривается универсальный способ биологической очистки сточных вод при их обработке активным илом с помощью сооружений аэробной очистки – аэротенки. Аэротенки представляют собой глубокие (4-6 м), открытые железобетонные резервуары, через которые медленно протекают подвергающиеся постоянной аэрации сточные воды, смешанные с активным илом. Все биоценозы в том числе и активный ил, включает представителей трех экологических групп организмов - продуцентов, консументов и редуцентов. В отличие от экосистем природных водоемов биоценоз активного ила практически полностью гетеротрофен, автотрофный компонент выражен слабо. Для анализа качества вод в сооружениях биологической очистки наряду с химическим и бактериологическим методами применялся гидробиологический метод, который позволяет быстро оценивать качество вод и по реакции живых организмов улавливать влияние любых загрязнений. Гидробиологический анализ характеризует состав, количественное распределение и своеобразие организмов активного ила и заключается в оценке, с помощью микрокопирования, состояния и структурных особенностей биоценоза активного ила, организмы которого обладают способностью реагировать качественным изменением и количественным распределением отдельных групп на состав и свойства очищаемых сточных вод. Пробы, отобранные из аэротенков, характеризуют состояние биоценозов на разных этапах очистки сточных вод. Изучение данных анализов позволит оценить видовой состав биоценоза, его устойчивость к организмам загрязнителям. Исходный активный ил характеризуется большим видовым разнообразием. Все виды типичны для данных очистных сооружений. Видовой состав и другие характеристики активного ила говорят о средней окисленной способности активного ила. Оценка разнообразия активного ила проводится, используя индекс Маргалефа. Доминирующие виды определялись по индексу Палия-Ковнацки. Изменения условий питания микроорганизмов в процессе очистки сопровождается сменой их доминирующих популяций. После изучения видовой состава биоценозов активного ила, отмечено, что некоторые виды оказались чувствительны к загрязнению соединениями железа, например, *Rotaria rotatoria*. В то же время доминирующий вид *Arcella discoides* устойчив к действию загрязнителя (индекс Палия-Ковнацки увеличился по сравнению с контрольной пробой).

Ключевые слова: биологическая очистка, сточные воды, биоценозы, активный ил, аэротенки.

Среди методов очистки сточных вод, применяемых в настоящее время, наибольшее предпочтение отдается биологическим методам вследствие их экономичности и эффективности.

Биологическая очистка сточных вод основана на способности микроорганизмов реализовать растворенные и коллоидные органические загрязнения в качестве источни-

ка питания в процессах своей жизнедеятельности. Данная очистка может осуществляться как в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды, так и в специально сооруженных резервуарах) [1, 4].

Наиболее универсальным способом биологической очистки сточных вод считается их обработка активным илом [2], для которой применяют сооружения аэробной очистки - аэротенки. Аэротенки представляют собой глубокие (4-6 м), открытые железобетонные резервуары, через которые медленно протекают подвергающиеся постоянной аэрации сточные воды, смешанные с активным илом.

Активный ил является сложной экосистемой, в состав которой входит небольшое количество представителей микрофлоры и микрофауны. С биологической точки зрения активный ил из аэротенков представляет собой хлопьевидное скопление аэробных бактерий в виде зооглей. Кроме бактерий, в активном иле обычно присутствуют гифы водных грибов, микроводоросли четырех отделов (диатомовые, зеленые, сине-зеленые, эвгленовые), представители девяти таксономических групп микрофауны (бесцветные жгутиконосцы, саркодовые - голые и раковинные, инфузории, первично- и вторичнополостные черви, брюхохоресничные черви, коловратки и могут появляться в небольших количествах. Выжить в биоценозе активного ила могут лишь виды, которые приспособились к перенесению циклически изменяющихся условий, то есть эврибионтные виды.

Все биоценозы, в том числе и активный ил, включает представителей трех экологических групп организмов - продуцентов, консументов и редуцентов. В отличие от экосистем природных водоемов биоценоз активного ила практически полностью гетеротрофен, автотрофный компонент выражен слабо. Это связано с тем, что в аэротенках находится большая концентрация активного ила и в его толщу поступает недостаточно света для осуществления процесса фотосинтеза. Поэтому водоросли в аэротенках встречаются лишь в виде обрастаний на стенках сооружений на границе активного ила и воздуха в толще воды над осевшим илом в периоды прекращения аэрации. Массово водоросли могут развиваться только во вторичных отстойниках, так как в верхних слоях нет активного ила, поступает много света, нет перемешивания. Такие условия дают возможность в больших количествах развиваться в обрастаниях стенок отстойников автотрофным водорослям. Из вторичных отстойников, вместе с циркулирующим илом водоросли привносятся в аэротенки. В первичных отстойниках могут существовать только немногие виды (вольвокс, сине-зеленые водоросли), что связано с высокой концентрацией растворенных органических соединений. Кроме водорослей и сапрофитных грибов к первому трофическому уровню относятся гетеротрофные бактерии и сапрофитные простейшие. Ко второму трофическому уровню можно отнести организмы, потребляющие твердую пищу (бактериофаги). К третьему трофическому уровню принадлежат организмы с таким типом питания как хищничество [3].

Для анализа качества вод в сооружениях биологической очистки наряду с химическим и бактериологическим методами, применяют гидробиологический метод, который позволяет быстро оценивать качество вод и по реакции живых организмов улавливать влияние любых загрязнений, которые не позволяют обнаружить типичные химические анализы.

Состав и состояние биоценоза активного ила определяются не только ходом естественных процессов: сезонные изменения природных условий, пищевые флуктуации и т.д., но и процессов, протекающих под воздействием технологических условий в сооружениях биологической очистки. Сильная изменчивость всех этих факторов и сложность их взаимодействия затрудняют проведение контроля. Но накопленный опыт, позволяет путем гидробиологического анализа давать заключение, как о ходе технологического процесса, так и об эффективности очистки воды в очистных сооружениях.

Гидробиологический анализ характеризует состав, количественное распределение и своеобразие организмов активного ила и заключается в оценке, с помощью микрокопирования, состояния и структурных особенностей биоценоза активного ила, организмы которого обладают способностью реагировать качественным изменением и количественным распределением отдельных групп на состав и свойства очищаемых сточных вод. Пробы, отобранные из аэротенков, характеризуют состояние биоценозов на разных этапах очистки сточных вод. Изучение данных анализов позволит оценить видовой состав биоценоза, его устойчивость к организмам загрязнителям [5, 6].

Исходный активный ил характеризуется большим видовым разнообразием. Все виды типичны для данных очистных сооружений. Число микроорганизмов видов *Arcella*, *Centropixis*, *Euglypha* соответствуют обычной норме. Из прикрепленных инфузорий присутствует в заметном количестве *Vorticella microstoma*. Прикрепленные инфузории *Zoothamnium parasitikum*, *Opercularia coarctata*, *Carchesium batortigetiense* отсутствуют, а из *Epistylis* встречаются единичные экземпляры.

По численности организмов доминирует *Aspidiska costata*. Из хищников встречается коловратки *Rotaria*, *Lecana*, тихоходка. Имеются зооглеи. Структура хлопьев мелкокомковатая, надилловая вода прозрачная и не окрашена. Видовой состав и другие характеристики активного ила говорят о средней окисленной способности активного ила.

Оценку разнообразия активного ила проводили, используя индекс Маргалефа. Для этого использовали формулу

$$d = (s - 1) / \ln N, \quad (1)$$

где  $s$  - число выявленных видов,

$N$  - общее число особей всех  $s$  видов.

$$\text{Контрольная проба } D = (14 - 1) / \ln 139 = 2,7$$

Доминирующие виды определяли по индексу Паляя-Ковнацки:

$$A = 100 \cdot p_i \cdot N_i / N_s, \quad (2)$$

где  $p_i$  - встречаемость ( $p = m_i / M$ ,  $m_i$  - число проб, в которых был найден вид  $i$ ,  $M$  - общее число проб);

$N_i$  - число особей  $i$ -го вида;

$N_s$  - общее число особей в биоценозе

$$\text{Zoogloea ramigera } 6 \cdot 100 \cdot 139 = 83400;$$

$$\text{Arcella discoides } 32 \cdot 100 \cdot 139 = 444800;$$

$$\text{Centropixis aculeata } 12 \cdot 100 \cdot 139 = 166800;$$

$$\text{Euglypha laevus } 30 \cdot 100 \cdot 139 = 417000;$$

$$\text{Litonotus lamella } 2 \cdot 100 \cdot 139 = 27800;$$

$$\text{Paranema trichophorum } 0,7 \cdot 100 \cdot 139 = 9730;$$

$$\text{Colpidium colpoda } 1 \cdot 100 \cdot 139 = 13900;$$

$$\text{Vorticella microstoma } 11 \cdot 100 \cdot 139 = 152900;$$

$$\text{Epistylis urceolata } 0,7 \cdot 100 \cdot 139 = 9730;$$

$$\text{Aspidisca costata } 37 \cdot 100 \cdot 139 = 514300;$$

$$\text{Spirostomum ambiguum } 0,3 \cdot 100 \cdot 139 = 4170;$$

$$\text{Lecana bulla } 3 \cdot 100 \cdot 139 = 41700;$$

$$\text{Rotaria rotatoria } 2 \cdot 100 \cdot 139 = 27800;$$

$$\text{Тихоходка } 1 \cdot 100 \cdot 139 = 13900.$$

Для характеристики видового комплекса предлагается выделять: доминанты - в пределах  $10 < Di < 100$ , субдоминанты - в пределах  $1 < Di < 10$ , субдоминанты первого порядка - в пределах  $0,1 < Di < 1$ , второстепенные члены -  $0,01 < Di < 0,1$ .

Индекс Паляя-Ковнацки позволил выявить доминирующие (*Arcella discoides*, *Euglypha laevus*, *Aspidisca costata*) и субдоминирующие виды (*Zoogloea ramigera*, *Centropixis aculeata*, *Vorticella microstoma*).

Результаты гидробиологического анализа активного ила аэротенков ООО «ЛОС» представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Гидробиологический анализ активного ила аэротенков

Таксон	Число организмов, Pi	Индекс Маргалефа, d	Индекс Паляя-Ковнацки, Di
<i>Zoogloea ramigera</i>	6	2,7	83400
<i>Arcella discoides</i>	32	2,7	444800
<i>Centropixis aculeata</i>	12	2,7	166800
<i>Euglypha laevus</i>	30	2,7	417000
<i>Litonotus lamelia</i>	2	2,7	27800
<i>Paranema trichophorum</i>	0,7	2,7	9730
<i>Colpidium colpoda</i>	1	2,7	13900
<i>Vorticella microstoma</i>	11	2,7	152900
<i>Epistylis urceolata</i>	0,7	2,7	9730
<i>Aspidisca costata</i>	37	2,7	514300
<i>Sprirostomum ambiguum</i>	0,3	2,7	4170
<i>Lecana bulla</i>	3	2,7	41700
<i>Rotaria rotatoria</i>	2	2,7	27800
Тихоходка	1	2,7	13900

Изменение условий питания микроорганизмов в процессе очистки сопровождается сменой их доминирующих популяций.

Результаты анализа активного ила после загрязнения соединениями железа (пробы 1 и 2) представлены в таблице 2.

После изучения видового состава биоценозов активного ила, отмечено, что некоторые виды оказались чувствительны к загрязнению соединениями железа, например, *Rotaria rotatoria*. В то же время доминирующий вид *Arcella discoides* устойчив к действию загрязнителя (индекс D увеличился по сравнению с контрольной пробой).

Таблица 2 - Гидробиологический анализ активного ила

Таксон	Контрольная проба		Проба 1		Проба 2	
	Число организмов, Pi	Индекс Палия-Ковнацки, Di	Число организмов, Pi	Индекс Палия-Ковнацки, Di	Число организмов, Pi	Индекс Палия-Ковнацки, Di
Zoogloea ramigera	6	4,3	5	5,9	4	4,2
Arcella discoides	32	23,02	30	35,3	25	26,3
Centropixis aculeata	12	8,6	11	12,9	12	12,6
Euglypha laevus	30	21,6	-	-	18	18,9
Litonotus lamelia	2	1,4	0,3	0,4	-	-
Paranema trichophorum	0,7	0,5	-	-	-	-
Colpodium colpoda	1	0,7	-	-	-	-
Vorticella microstoma	11	7,9	6	7,1	4	4,2
Epistylis Urceolata	0,7	0,5	-	-	0,3	0,3
Aspidisca costata	37	26,6	32	37,6	29	30,5
Spirostomum ambiguum	0,3	0,2	-	-	0,7	0,7
Lecana bulla	3	2,2	0,7	0,8	2	2,1
Rotaria rotatoria	2	1,4	-	-	-	-
Tardigrada	1	0,7	0,3	0,4	-	-

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по очистке природных и сточных вод / Л.Л. Пааль, Я.Я. Карц, Х.А. Мельдер, Б.Н. Репин. - М. : Высшая школа, 1994. - 335 с.
2. Фауна аэротенков (атлас) / под ред. Л.А. Кутиковой. - Л. : Наука, 1984. - 264 с.
3. Шарапова И.В. Структура и пространственно-временная динамика заселения биоценоза активного ила (в условиях биологической очистки стоков малого города) : дис.... канд. биол. наук / И.В. Шарапова. - Воронеж, 2010. - 180 с.
4. Жердев В.Н. Оценка и перспективы специальных сооружений биозащиты в городах, сёлах и на предприятиях Воронежской области / В.Н. Жердев, А.Н. Крюков, М.В. Шелкунова // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций : IV Всероссийская научно-практическая конференция последствий чрезвычайных ситуаций. – Воронеж, 2014 – С. 200-204.
5. Попело А.В. Методический подход к формализации данных о свойствах (качестве) природных, природно-антропогенных, социальных систем объектов техносферы / А.В. Попело, В.Д. Попело, А.Ю. Черемисинов // Мелиорация, водоснабжение и геодезия. Матер. межвуз. научно-практич. конференц. / под редакцией А.Ю. Черемисинова. – Воронеж : ВГАУ, 2013. - С. 80-84.
6. Григоров М.С. Необходимы новые подходы к орошению черноземов / М.С. Григоров, А.Ю. Черемисинов // Земледелие. - 1991. - № 10. - С. 35-37.

**Zherdev V.N.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
Voronezh State Pedagogical University

**Studenikina L.N.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor

**Shelkunova M.V.**

Voronezh State University engineering technology

## **SPECIES COMPOSITION OF ACTIVATED SLUDGE AERATION TANKS JIOC**

Describes a generic method of biological wastewater treatment in activated sludge treatment using aerobic undertime cleaning facilities. Undertime represent deep (4-6 m) reinforced concrete tanks open through which slow undergoing constant aeration of wastewater mixed with active sludge. All biocenoses including active silt, comprises representatives of three environmental groups of organisms-producers, predators and decomposers. Unlike ecosystems natural ponds biocenosis of the active sludge practically completely geterotrofen, avtotrofnj component is expressed weakly. For the analysis of water quality in structures of biological purification along with chemical and bacteriological methods applied hydrobiological method that allows you to quickly assess the quality of waters and reactions of living organisms capture the impact of any contaminants. Hydrobiological analysis describes the composition, quantitative distribution and characteristics of organisms of active sludge and is to assess, with the help of mikrokopirovaniâ, condition and structural features of biocenosis of the active sludge, organisms which possess the ability to react to a qualitative change and quantitative distribution of certain groups on the composition and properties of cleaned wastewater. Samples selected from the aeration tanks, characterize the State of communities at various stages of wastewater treatment. Study of data analyses to assess species composition of biocenosis, its resistance to organisms to pollutants. The original activated sludge is characterised by a wide diversity of species. All kinds of typical data treatment facilities. Species composition and other characteristics of the active sludge is talking about high oxidized ability of activated sludge. Score diversity of sludge is held using the index of Margalef. The dominant species were determined by index Palia-Kovnacki. Changes in terms of food microorganisms in the cleaning process is accompanied by a change of their dominant populations. After studying the species composition of biocoenoses of sludge, noted that some species were sensitive to pollution compounds of iron, such as *Rotaria rotatoria*. At the same time, the dominant type of *Arcella discoides* resistant to pollutant (Palia Kovnacki-index increased compared with the control breakdown).

Key words: biological treatment, wastewater, biocenoses, activated sludge, undertime.

**Землянухин И.П.**, к. с-х н., доцент

**Радцевич Г.А.**, к. с-х н., доцент

Воронежский государственный аграрный университет

## **ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ И ЛЕСИСТОСТИ ВОДОСБОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА**

Причинами уменьшения стока на малых облесенных водосборах являются: благоприятные условия для впитывания воды лесной почвой за счет ее водопроницаемости, большое накопление снега, замедленное снеготаяние и меньшее промерзание почво-грунтов в лесу. Суммарная инфильтрация при определенных условиях в лесу и в лесополосах за весенний период может достигать 400...700 мм и более, при инфильтрации в поле - порядка 40...60 мм. Можно заключить, что под влиянием леса сток с малых водосборов существенно уменьшается. Но все современные наблюдения на малых водосборах не могут дать решение вопроса о влиянии леса на водность средних и крупных рек. В работе приведен способ оценки нормы годового стока с помощью ландшафтных характеристик бассейнов, а именно: с использованием данных о средних высотах речных бассейнов, средневзвешенных уклонах рек и лесистости водосборов. Данный способ расчета является наиболее точным по сравнению с определением стока по изолиниям карт. Связи нормы годового стока с лесистостью водосборов имеют региональный характер, который будет зависеть от ландшафтов рассматриваемой территории. Причинами уменьшения стока на малых лесистых водосборах, несомненно, являются исключительно благоприятные условия для впитывания воды лесной почвой как за счет водопроницаемости лесной почвы, так и за счет большего накопления снега, замедленного снеготаяния и меньшего промерзания почвы в лесу.

Ключевые слова: лесные насаждения на водосборах, сток, элементы водного баланса.

Разберем особенности условий формирования стока в условиях леса, а также и остальных элементов водного баланса в лесу и в поле. По данным ряда исследователей (А.И. Воейкова, О.А. Дроздова, Г.П. Калинина и др.) над лесом выпадает осадков больше, чем над безлесными пространствами, на 8...15% (иногда до 25%). Как указывает Г.Н. Высоцкий, на наземных частях леса наблюдается усиленное осаждение влаги, конденсируемой из воздуха. Молчанов А.А. считает, что указанная прибавка паров в лесу составляет около 10% осадков.

Многочисленными наблюдениями установлено, что в лесу, особенно на опушках и в лесных полосах накапливаются значительные снеготопивые запасы за счет задержания снега, переносимого ветром с открытых пространств. Таким образом, леса и лесные полосы получают дополнительное увлажнение за счет окружающих безлесных пространств. Особенно резко это наблюдается в лесостепной и степной зонах, где снеготопивые запасы в лесу превышают снеготопивые запасы открытого поля в 2...4 раза, а иногда в 6 раз, при этом слой воды в снеге у опушек составляет 120...250 мм, а местами достигает 800...1000 мм.

Задержание летних осадков сильно уменьшается с увеличением слоя и интенсивности дождя. Поэтому на формирование дождевого стока оно практически не отражается. Согласно расчетам по методу водного баланса для слоя почво-грунтов под лесом за вегетационный период суммарный расход влаги из почвы на испарение, транспирацию и отток на лесных участках, как правило, меньше, чем на полевых.

Колебания уровней грунтовых вод под лесом имеют обычно большую амплитуду, чем в поле, особенно в период весеннего снеготаяния. В местах с особо благоприятными условиями дренирования грунтовых вод, даже в периоды их интенсивного питания, под лесом подъем уровня грунтовых вод обычно не наблюдается (Шипов лес), так как вся просочившаяся вода уходит на питание рек. В общем режим грунтовых вод как под лесом, так и на открытых участках определяется главным образом гидрогеологическими условиями, а не растительным покровом. Высокая инфильтрация в лесу должна приводить к повышению меженного и минимального стока с увеличением залесенности водосборов. Все данные, как отечественных, так и зарубежных авторов о величинах суммарного испарения различными породами леса, а также разными сельскохозяйственными культурами и почвой на полях приходят к выводу что суммарное испарение в лесу обычно ниже, чем в поле

Из всех элементов водного баланса для водосборов средних рек наиболее точно определяется сток. Учитывая же, что речной сток - это своего рода интегральный результат взаимодействия многочисленных взаимосвязанных и взаимозависящих факторов, считаем целесообразным при выявлении роли некоторых из них за основу принимать средние многолетние величины стока, так как в этом случае роль ряда сильно варьирующих по отдельным годам факторов в формировании среднего многолетнего стока сводится к нулю.

Лес и лесонасаждения являются мощными факторами, преобразующими водный режим и, как правило, приводящими к увеличению среднего годового стока с увеличением залесенности водосборов средних и крупных рек и к уменьшению стока с малых водосборов и склонов.

В пределах одной лесорастительной зоны или даже в одном географическом пункте расход воды на суммарное испарение меняется в зависимости от лесорастительных условий и связанных с ними типов леса. В пределах одного и того же типа леса расход воды на испарение будет зависеть от возраста древостоев и сомкнутости. Расходы на испарение в зоне смешанных лесов варьируют в пределах 320...500 мм, в зоне лесостепи - от 260...до 475 мм. Даже в степи, где осадков мало, суммарное испарение колеблется от 200...380 мм.

В типах лесов с низким суммарным испарением значительное количество влаги в процессе таяния снега стекает по поверхности, а в типах с высоким суммарным испарением большое количество воды поглощается почвой, перехватывается растениями и испаряется в атмосферу.

Испарение с безлесных площадей зависит от. При осадках 550 мм в зоне смешанных лесов и испарении с черного пара 400 мм расход на испарение другими культурами следующий: овес - 106,5%, лен - 111, задернелая вырубка - 112, 60-летний сосновый древостой - 112, картофель - 120, рожь - 123, клевер - 127. Сосновый древостой 30...60-летнего возраста расходует на испарение больше, чем черный пар, но меньше чем луг, рожь, клевер. Дубовые древостои 40...90-летнего возраста расходуют воды больше, чем черный пар или вырубку, или поля, занятые пшеницей.

Влияние на сток рельефа поверхности бассейна проявляется в двух направлениях. С одной стороны, рельеф определяет уклоны и густоту овражно-балочной сети, т.е. в конечном счете скорости стекания, продолжительности концентрации и время пробега воды по руслам, а с другой - водозадерживающую способность бассейна.

Чем более плоский рельеф имеет бассейн, тем более затруднен с него сток воды и неизбежны затраты на заполнение поверхностных емкостей. В результате часть площади водосбора оказывается бессточной, и чем меньше слой поступающей воды, тем эта площадь больше, и наоборот, чем больше воды, тем больше действующая (в смысле отдачи воды на сток) площадь в речном бассейне.

Таким образом, формирование летнего стока определяется его зависимостью от начальных запасов воды в бассейне и от последующих осадков. Основной закономерность, определяющей обе зависимости, является закономерность истощения.

Норма годового стока является одной из основных категорий при оценке не только водных ресурсов территорий, но и их водных балансов. Она как результирующий элемент водного баланса является устойчивой гидроклиматической характеристикой ландшафта для данных физико-географических и климатических условий, хотя и эта величина способна изменяться в долгопериодном варианте, особенно для сравнительно небольших территорий. Норма годового стока в полной мере характеризует соотношения тепла и влаги данной территории, что несомненно важно при проектировании мелиоративных мероприятий в сельском хозяйстве. При оценке экологических ситуаций на орошаемых агроландшафтах нужно иметь надежные методы определения элементов водного баланса при различных количественных ландшафтных характеристиках. Существующие методы определения нормы стока приведены в работе [1], где показан более точный способ определения этой величины, причем для небольших территорий и сравнительно небольшого отрезка времени соизмеримого с временем реальной эксплуатации мелиоративных систем. Суть способа сводится к следующему: для небольших агросистем норму стока можно более точно определять по морфологическим показателям малых бассейнов рек, физико-климатические особенности которых генетически близки к природным характеристикам проектируемых орошаемых агроландшафтов, т.е. когда местные факторы наиболее близки к факторам формирования стока. Только в этом варианте расчета можно максимально исключить различие зональных закономерностей бассейнов рек и азональные факторы, влияющие на элементы водного баланса самой проектируемой агросистемы. Сравнительные результаты расчета нормы стока разными способами для независимо выбранных малых бассейнов рек в условиях ЦЧЗ показали, что наиболее точным способом расчета явился расчет по зависимостям вида  $Y = f(I), L$ , где  $I$  – уклон водосбора,  $L$  – лесистость водосбора [2].

Итак, чтобы правильно, с хорошей эффективностью планировать различные виды водохозяйственных мероприятий необходимо четко представлять структуру водных режимов в рассматриваемом водосборе. С этой целью произведен анализ зависимости атмосферных осадков и стока от высоты местности по территории Воронежской области [3]. Характеристиками высотного положения территорий приняты средняя высота водосбора и высота метеостанций и постов, которые взяты из литературных источников.

В основу исследования положен бассейновый подход, как метод, наиболее объективно, с точки зрения генезиса, отражающий пространственно-временной ход элементов водного баланса. При этом оправдано и практически полезно использование наблюдаемых данных в более полном объеме и с более продолжительными рядами.

Бассейновый принцип исследований является наиболее согласованным и тесно связанным с ландшафтами территорий. Его преимущество перед другими методами заключается в том, что он полностью отвечает требованиям геосистемного анализа. Этот метод позволяет гибко изменять направленность изучения процессов в связи с мониторинговыми задачами.

Можно считать, что зависимость осадков от высоты местности по территории ЦЧЗ неоднозначна. В связи с этим, выделены два района: первый район включает цен-

тральную и южную часть Среднерусской возвышенности, ее северо-западные склоны, а также Калачскую возвышенность.

Аппроксимацией группы точек для первого района служит прямая, описываемая уравнением следующего вида:

$$P = 1,33 H + 410, \quad (1)$$

где  $P$  - слой осадков, мм;

$H$  - высота метеостанций, м абс.

При этом относительная ошибка определения составляет 3,25%.

Второй район включает западные и юго-восточные склоны Среднерусской возвышенности, ее северную часть, Окско-Донскую низменность, отроги Чембарской возвышенности. Зависимость осадков от высоты местности во втором районе можно описать уравнением логарифмического вида:

$$P = 120,5 \lg H \quad (2)$$

Среднеквадратическое отклонение определения осадков в этом случае составит 6,14 мм. Анализ показывает, что на наиболее возвышенной местности существенно возрастает слой осадков. Средний градиент изменения осадков на 100 м поднятия составляет 150 мм. Однако на отдельных территориях он сильно меняется. Коэффициент корреляции этой связи довольно высок и составляет  $0,75 \pm 0,02$ . Следует отметить, что влияние высоты местности на количество атмосферных осадков гораздо существеннее в первом районе, по сравнению со вторым.

Второй важный фактор водных режимов территорий - сток. Зависимость среднего годового стока от высоты местности носит более сложный характер в силу изменяющихся по территории ландшафтных условий и имеет следующий вид:

$$Y = 0,0015 (H)^2 + 49,5, \quad (3)$$

где:  $Y$  - средний сток, мм;

$H$  - средняя высота водосбора, м абс.

Среднеквадратическое отклонение составляет 4,47.

Более тесные связи стока с высотой, чем осадков объясняются условиями формирования зимних осадков, которые образуются при более низком уровне конденсации. Другая причина - это несоответствие высот метеостанций средним высотам водосборных площадей.

Отсюда следует, что динамика водных балансов территории тесно связана с ее ландшафтами. Поэтому, при проведении классификации территории по потребности в мелиорациях необходимо учитывать высоту проектируемых участков, как ведущего фактора ландшафта.

На наш взгляд, повышение эффективности исследований поведения элементов водного баланса можно добиться путем более широкого использования ландшафтно-географического метода.

В силу указанных причин для оценки элементов водного баланса на небольших территориях практически полезно привлекать районные зависимости нормы годового стока рек от ландшафтных характеристик бассейнов [4].

Ошибки полученных результатов определения величины нормы годового стока по карте годового стока и по уравнениям связи  $Y = f(H, I)$  для независимых бассейнов

рек приведены в таблице ( $Y$  – норма годового стока, мм;  $H$  – средняя высота водосборов, м;  $I$  – средневзвешенный уклон водосборов, ‰).

Таблица - Ошибки результатов определения величины нормы годового стока по карте и по уравнениям связи

Район	Лесистость водосбора, %	Относительная ошибка, %	
		по карте	по уравнениям связи вида $Y = f(H, I)$
Средне-Русская возвышенность	$\geq 7$	16	10
	$< 7$	11	8
Окско-Донская низменность	$\geq 7$	12	10
	$< 7$	15	7

Данные таблицы показывают, что с помощью уравнений связи нормы годового стока с такими ландшафтными характеристиками бассейнов, как высота и уклон водосбора можно более точно оценить сток - один из важных элементов водного баланса [5, 6].

Применение такого способа оценки оправдано в первую очередь для территорий, имеющих изменчивые физико-географические характеристики в пространстве. К недостаткам метода оценки можно отнести пространственную ограниченность применения такого рода связей.

На точность расчетов стока с помощью данного метода также оказывают влияние и способы определения гидрографических характеристик территории [7].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

в работе приведен способ оценки нормы годового стока с помощью ландшафтных характеристик бассейнов, а именно: с использованием данных о средних высотах речных бассейнов, средневзвешенных уклонах рек и лесистости водосборов;

данный способ расчета является наиболее точным по сравнению с определением стока по изолиниям карт;

связи нормы годового стока с лесистостью водосборов имеют региональный характер, причем характер связей будет зависеть от ландшафтов рассматриваемой территории;

причинами уменьшения стока на малых лесистых водосборах, несомненно, являются исключительно благоприятные условия для впитывания воды лесной почвой как за счет водопроницаемости этой почвы, так и за счет большего накопления снега, замедленного снеготаяния и меньшего промерзания почвы в лесу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскресенский К.П. Опыт разработки методики прогнозов межennaleго режима рек Европейской части СССР. Тр. ГГИ, вып. 10.

2. Землянухин И.П. К вопросу расчета норм годового стока рек в условиях морфологической неоднородности территории ЦЧО // Науч. тр. – Воронеж : СХИ, 1990. - С. 38-46.

3. Жердев В.Н. Формирование местного стока и возможности его использования для целей орошения в условиях Центрально-Черноземной зоны / В.Н. Жердев, О.П. Семенов, А.Ю. Черемисинов, В.К. Рязанцев // Вопросы комплексных мелиораций в Центрально-Черноземной зоне. – Воронеж : СХИ, 1986. – С. 5-9.

4. Землянухин И.П. О методах реализации ландшафтно-географического подхода к оценке элементов водного баланса / И.П. Землянухин, С.П. Бурлакин, С.А. Плотников // Мелиорация, водоснабжение и геодезия. - 2013. - С. 70-74.

5. Черемисинов А.А. Экологическая устойчивость орошаемой системы / А.А. Черемисинов, А.Ю. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж : ВГЛТА, 2014. - Т. 2. - № 3-4 (8-4). - С. 494-498.

6. Григоров М.С. Необходимы новые подходы к орошению черноземов / М.С. Григоров, А.Ю. Черемисинов // Земледелие. - 1991. - № 10. - С. 35-37.

7. Черемисинов А.Ю. Роль рекреационных ландшафтов в развитии техносферы: монография. Сер. Природообустройство / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2014. - 312 с.

**Zemlyanukhin I.P.**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor  
**Radcevich G.A.**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor  
Voronezh State Agricultural University after Emperor Peter I

#### **INFLUENCE OF MORPHOLOGY AND WOODINESS OF RESERVOIRS ON FORMATION OF THE DRAIN**

The reasons of reduction of a drain on small the oblesennykh reservoirs are: favorable conditions for water absorption by the forest soil due to its water penetration, big accumulation of snow, the slowed-down snowmelt and smaller frost penetration in soils in the wood. The total infiltration under certain conditions in the wood and in forest belts for the spring period can reach 400... 700 mm and more, at infiltration in the field - about 40... 60 mm. It is possible to conclude that under the influence of the wood the drain from small reservoirs significantly decreases. But all modern supervision on small reservoirs can't give the solution of a question of influence of the wood on water content of the average and large rivers. The way of an assessment of norm of an annual drain by means of landscape characteristics of pools is given in work, namely: with use of the river basins given about average heights, the average biases of the rivers and woodiness of reservoirs. This way of calculation is the most exact in comparison with definition of a drain on isolines of cards. Communications of norm of an annual drain with woodiness of reservoirs have regional character which will depend on landscapes of the considered territory. The reasons of reduction of a drain on small woody reservoirs, undoubtedly, are exclusively favorable conditions for water absorption by the forest soil both due to water penetration of the forest soil, and due to bigger accumulation of snow, the slowed-down snowmelt and smaller frost penetration in the soil in the wood.

Keywords: forest plantings on reservoirs, run-off of water, elements of water balance

**Ананьева А. Е.**

**Абулгафаров С.В.**, к. т. н., доцент

Кубанский государственный аграрный университет

## **ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛОВ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

В состав мелиоративного комплекса Красноармейского района Краснодарского края входит сеть оросительных и сбросных каналов общей протяженностью 7905 км, в том числе межхозяйственных – 577 км. КПД каналов рисовой оросительной системы в Красноармейском районе колеблется между 0,65-0,84, в среднем этот показатель за многолетний период составляет 0,76. Согласно полученным данным мы можем судить о низком техническом уровне магистральных и распределительных каналов оросительных систем. Данная ситуация складывается из-за большой протяженности каналов в земляном русле и плохого противофильтрационного покрытия русла канала. Необходимо произвести модернизацию всех сооружений и элементов оросительной системы всех филиалов Краснодарского края. При проведении мероприятий по очистке каналов можно получить увеличение урожайности риса до 20 %.

Ключевые слова: рис, орошение, система, фильтрация, канал, урожайность.

На сегодняшний день в Краснодарском крае площадь орошаемого фонда земель составляет 390,8 тыс. га. Массив «Правобережье» располагается на территории Красноармейского и Калининского районов и включает в себя три оросительные системы: Кубанскую, Марьяно-Чебургольскую и Пануро-Калининскую. Общая площадь оросительной системы в пределах Красноармейского района - 84354 га (21,6% от общего числа орошаемых земель края). В состав мелиоративного комплекса района входит сеть оросительных и сбросных каналов общей протяженностью 7905 км, в т.ч. межхозяйственных – 577 км [1, 2].

Целью исследования является оценка состояния каналов межхозяйственной сети рисовых оросительных систем Красноармейского района. Для обоснования уровня показателей работы каналов разного порядка в условиях эксплуатации проведена статистическая обработка имеющихся данных [3].

Подача воды на Кубанскую оросительную систему осуществляется с верхнего бьефа Федоровского гидроузла. Так же водозабор на Марьяно-Чебургольскую оросительную систему осуществляется из р. Кубани в подпоре Федоровского гидроузла по каналу Р-2. Пануро-Калининская оросительная система осуществляет водозабор из магистрального канала через гидроузел № 3. Таким образом, подача воды на систему осуществляется по магистральному каналу, где на конкретные участки вода подается посредством распределительных каналов различного порядка. Красноармейский филиал начал свою работу в 1931 году, много «воды» с тех пор утекло и необходимо оценить эксплуатационную надежность и гидравлическую эффективность каналов по их состоянию на сегодняшний день, т.к. срок эксплуатации оросительных систем 40-60 лет и более.

Начиная говорить об эксплуатационной надежности и гидравлической эффективности каналов необходимо отметить, что КПД каналов рисовой оросительной системы в Красноармейском районе колеблется между 0,65-0,84, в среднем этот показатель за многолетний период составляет 0,76. Согласно СНиП 2.06.03-85, нормативное

значение КПД магистральных и распределительных каналов должно составлять не менее 0,90-0,93 (таблица 1).

Таблица 1 - Рекомендуемые значения требуемых (нормативных) показателей работы каналов рисовых оросительных систем

Тип каналов	Требуемые (нормативные) показатели		
	$\eta_{тр}$	$P_{э.тр}$	$P_{тр}$
Магистральные	не менее 0,90	не менее 0,90	не менее 0,90
Распределительные	не менее 0,93	не менее 0,90	не менее 0,90
Оросители	1,0		

Согласно полученным данным можно судить о низком техническом уровне магистральных и распределительных каналов рисовых оросительных систем. Данная ситуация складывается из-за большой протяженности каналов в земляном русле и плохого противотрационного покрытия русел каналов. В таблице 2 представлены значения коэффициентов шероховатости и пропускной способности каналов рисовых систем

Таблица 2 - Натурные данные пропускной способности каналов рисовых систем

Канал	b, м	h, м	$\omega, м^2$	$\chi, м$	R, м	$Q, \frac{м^3}{с}$	n	$n_{np}$	$\alpha' = \frac{n_{np}}{n}$
P-2	5	2,1	17,115	12,57	1,36	7,84	0,0273	0,025	0,91
P-2	5	2,17	17,91	12,82	1,39	8,96	0,0254	0,025	0,98
P-17	5	1,98	15,78	12,13	1,30	7,38	0,0258	0,025	0,96
P-17	5	1,59	11,74	10,73	1,09	4,66	0,0269	0,025	0,92
P-18	5	1,91	15,02	11,86	1,26	6,59	0,027	0,025	0,92
P-11	5	1,67	15,53	11,02	1,37	5,15	0,0267	0,025	0,93
P-2-2	3,5	1,43	8,07	8,65	0,93	2,84	0,027	0,025	0,92
P-22	3,5	1,40	7,84	8,54	0,91	2,54	0,029	0,025	0,86
P-20	3,5	1,45	8,22	8,72	0,94	2,72	0,029	0,025	0,86
P-10-2	3,5	1,38	7,53	8,40	0,89	2,31	0,03	0,025	0,83
P-18-3	3,5	1,42	7,99	8,61	0,93	2,36	0,032	0,025	0,79
P-16-2	3,5	1,36	7,53	8,40	0,89	2,51	0,0276	0,025	0,91
Px-3-3-1	2	0,85	2,78	5,06	0,54	0,51	0,034	0,025	0,73
Px-3-3-2	2	0,92	3,10	5,31	0,58	0,56	0,036	0,025	0,69
P-3-1-1	2	0,86	2,82	5,10	0,29	0,447	0,037	0,025	0,67
P-22-1	2	0,92	3,10	5,32	0,58	0,681	0,028	0,025	0,89
P-22-2	2	0,89	2,96	5,20	0,56	0,742	0,0285	0,025	0,87
P-10-2-1	1,0	0,72	1,49	3,59	0,27	0,245	0,031	0,025	0,80
Px-3-3-3	1,0	0,8	1,76	3,88	0,34	0,20	0,045	0,025	0,55
P-10-2-2	1,0	0,82	1,82	3,95	0,46	0,302	0,035	0,025	0,75
P-10-2-3	1,0	0,76	1,62	3,74	0,43	0,265	0,033	0,025	0,75
P-18-3-1	1,0	0,85	1,93	4,06	0,47	0,296	0,036	0,025	0,69

Коэффициент допустимого снижения пропускной способности каналов внутрихозяйственной сети рисовой оросительной системы будет  $\alpha_0 = t_{\alpha,k} \sigma_{\alpha'} = 2,08 * 0,111 = 0,23$ , следовательно  $\alpha' =$  Каналы с  $\alpha' < 0,77$  нуждаются в проведении мероприятий по уменьшению коэффициентов шероховатости русла.

Согласно отчетам Красноармейского филиала, ежегодно проводятся земляные работы, окашивание каналов, работы по очистке русел каналов, ремонт ГТС и насосных станций (рисунки 1, 2, 3).

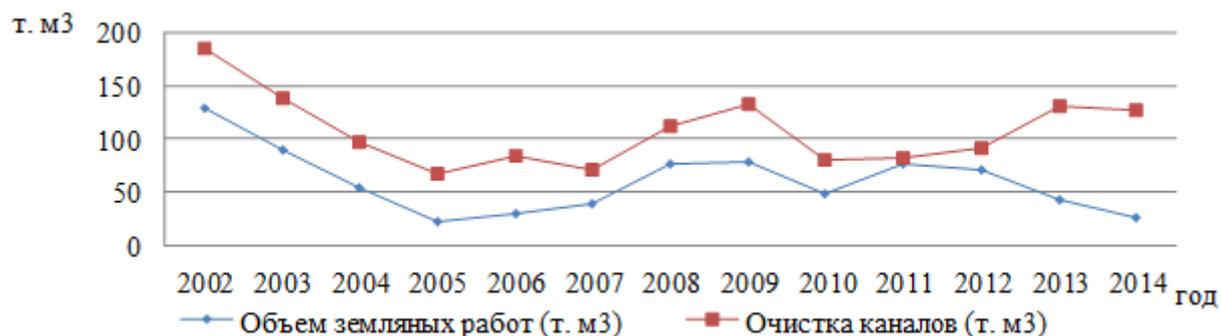


Рисунок 1. Объем земляных работ и очистка каналов

Проведение данных работ позволяет повышать гидравлическую эффективность каналов, увеличивать пропускную способность русел, что позволяет увеличивать урожайность риса. При проведении мероприятий по очистке каналов в намеченные на 2016 г. сроки можно получить увеличение урожайности риса до 20 %. В таблице 3 представлены сведения по очистке оросительных каналов федеральной собственности, находящихся в оперативном управлении ФГУБ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» [3, 4]. Данное предложение позволяет увеличить урожайность риса до 20 %, что соответствует Программе развития рисоводства в Краснодарском крае. Необходимо помнить не только о повышении урожайности, но и состоянии всех компонентов оросительной системы для получения максимальной продуктивности, достигаемой посредством мелиоративных мероприятий.

Таблица 3 – Сведения по очистке оросительных каналов федеральной собственности, находящихся в оперативном управлении ФГУБ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», Краснодарский край [3]

Наименование оросительной системы	Наименование канала	Протяженность канала, км	Площадь орошения, обслуживаемая каналом (га)	Объем земляных работ по расчистке русел каналов (м³)	Объем работ по окашиванию канала, км	Ориентировочная стоимость затрат по очистке канала и окашиванию (тыс. руб)
Марьяно-Чебургольская оросительная система						
	Коллектор К – 1, с аванкамерой	12,2	12400,0	5000,0	240000	250,0-240,0
	Канал Р – 4	16,6	13301,0	20000,0	576000	700,0 - 576,0
Кубанская оросительная система						
	Магистральный канал	4,1	1586,0	12000,0	96000	600,0 – 96,0
	Магистральный канал от насосной станции № 2, с аванкамерой	1,1	1825,0	5000,0	10000	250,0 – 10,0

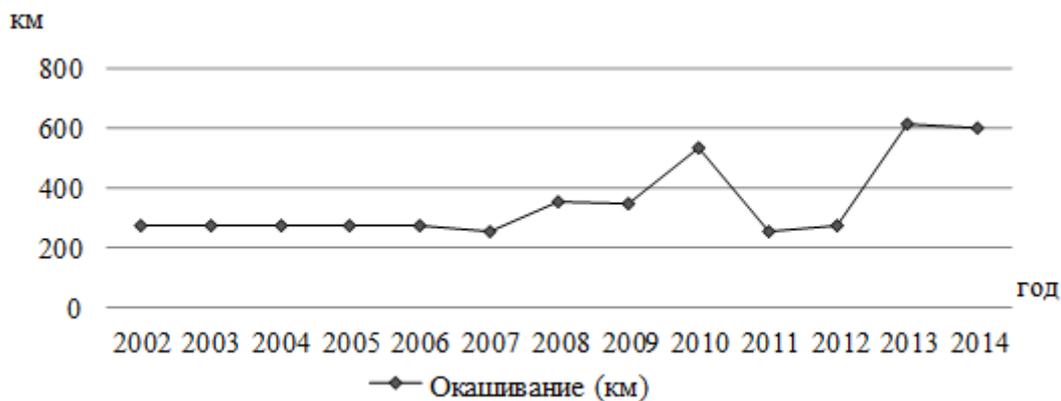


Рисунок 2. Окашивание каналов оросительной системы

Окашивание каналов позволяет снизить деформацию русла и его шероховатость, что позволяет повысить пропускную способность и снизить сопротивление при движении потока.



Рисунок 3. Ремонт гидротехнических сооружений и насосных станций

Поддержание надлежащего состояния технических составляющих оросительной системы позволяет сохранять ее целостность и работоспособность в периоды вегетации риса, когда оросительная система находится в активном состоянии [6].

В Красноармейском районе стабильно высокие урожаи риса 6,0-7,0 т/га, на отдельных массивах некоторым мастерам рисоводства удается получать до 10,0 и более т/га. Чтобы сохранять и увеличивать получение высоких урожаев этой культуры необходимо провести следующие мероприятия: техническое перевооружение насосных станций и ГТС, реконструкцию рисовых оросительных систем с капитальным ремонтом магистрального и распределительных каналов.

К сожалению, в действительности работы по реконструкции систем и сооружений практически прекратились из-за снижения финансирования эксплуатационных мероприятий, что видно на диаграмме (рисунок 4).

Техническое состояние водопропускных каналов, всей мелиоративной сети в целом, насосных станций оборудования и гидротехнических сооружений продолжает ухудшаться. Все это влечет за собой снижение продуктивности мелиорированных земель и со временем приведет снижению урожайности [4].

Необходимо произвести модернизацию всех сооружений и элементов оросительной системы всех филиалов Краснодарского края.

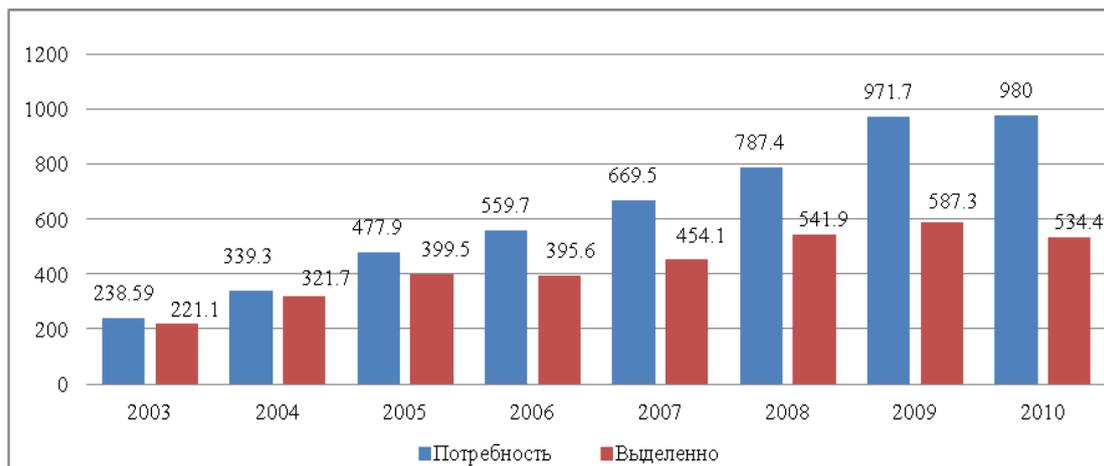


Рисунок 4. Финансирование эксплуатационных мероприятий на рисовых оросительных системах Краснодарского края

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелиорации служить призваны. – Краснодар : Соната-принт, 2010. – 160 с.
2. Свистунов Ю.А. Водопользование на рисовых гидромелиоративных системах нижней Кубани / Ю.А. Свистунов, А.Ю. Галкин, А.Ю. Свистунов, С.Н. Якуба. – Краснодар : КубГАУ, 2014. - 295 с.
3. Технические отчеты Красноармейского филиала (2002-2014 гг.) – ст. Полтавская. – 237 с.
4. Косиченко Ю.М. Состояние и пути повышения технического уровня оросительных систем на юге России / Ю.М. Косиченко, Г.А. Сенчуков, А.С. Капустян // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2011. - № 4 (04).
5. Григоров М.С. Необходимы новые подходы к орошению черноземов / М.С. Григоров, А.Ю. Черемисинов // Земледелие. - 1991. - № 10. - С. 35-37.
6. Черемисинов А.А. Экологическая устойчивость орошаемой системы / А.А. Черемисинов, А.Ю. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж : ВГЛТА, 2014. - Т. 2. - № 3-4 (8-4). - С. 494-498.

**Ananyeva A.E.**

**Abulgafarov S.V.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor  
Kuban State Agrarian University

#### **ASSESSMENT OF HYDRAULIC EFFICIENCY AND OPERATIONAL RELIABILITY OF CHANNELS RICE IRRIGATING SYSTEMS**

The structure of the complex reclamation Krasnoarmeyskiy district of Krasnodar region includes irrigation and drainage network canals with total length of 7905 km, including between farms - 577km. Efficiency of rice irrigation system of channels in Krasnoarmeysk area ranges between 0,65- 0,84, on average, the figure for the long-term period is 0.76. According to information received, we can judge about the low technical level of the main and distribution canals of irrigation systems. This situation is due to the large length of channel in soil canal and the poor anti filtration of bed cover canal. It is necessary to carry out the modernization of buildings and elements of irrigation system of all branches of the Krasnodar Territory. In carrying out the activities for cleaning canals can get up to 20% of the rice yield.

Keywords: rice, irrigation, system, filtration, canal, yield.

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 632.123.1

**Красных Н.А.**

**Абулгафаров С.В.**, к. т. н., доцент

Кубанский государственный аграрный университет

### **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОХРАНЫ МАЛЫХ РЕК ОТ ИСТОЩЕНИЯ И НЕОБРАТИМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**

По мере использования резервов местных водных ресурсов возрастает опасность истощения речных бассейнов и перерождения их в системы, теряющие водохозяйственное, рыбохозяйственное и ландшафтное значение. Их восстановление требует огромных затрат, а зачастую просто невозможно. Особенно тяжелый и непоправимый урон может быть нанесен малым рекам - необходимым структурным звеньям речной сети и важным элементам стокообразования. В последнее время все чаще исчезают малые реки, вследствие интенсивного освоения водосбора и нарушения природных стокообразующих комплексов: болото - река, лес - река. В целях обоснованного и планомерного использования малых водотоков важно установить, каким должен быть минимально необходимый расход в реке, удовлетворяющий санитарно-биологическим, рыбохозяйственным и гидрохимическим условиям существования водоисточника. Объем стока сверх обеспечиваемого «водоохранной» расход в реке может быть использован водопотребителями. Установлено, что в малых реках должен сохраняться расход не менее 0,20 м<sup>3</sup>/с после использования на цели орошения, в ряде случаев этот расход рекомендовано увеличить до 1 м<sup>3</sup>/с.

Ключевые слова: эвтрофикация, загрязнение, охрана, бассейн, река, поверхностный сток.

Неопределенность нормативных установок требует уточнения принципиального подхода к проблеме сохранения малых рек.

В современных стандартах (ГОСТ 17.1.1.02-77 "Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов") малой считается река с водосборной площадью до 2000 км<sup>2</sup> или среднемноголетним расходом до 5 м<sup>3</sup>/с. В бытовом состоянии - до начала использования для различных нужд в народном хозяйстве - в малой реке может наблюдаться различный режим уровней и расходов.

Частным случаем бытового состояния реки может быть ее пересыхание, промерзание, заиление, изменение русла и т. п. При этих изменениях реки могут возвращаться в первоначальное состояние и сохранять свое значение как водные объекты. Поэтому в качестве основного принципа охраны малых рек от истощения и необратимых изменений целесообразно сохранение в ней расхода, при любых видах использования, обеспечивающего воспроизводство во всем речном бассейне запасов грунтовых вод, биологических ресурсов, достаточных для удовлетворительного санитарно-биологического состояния и самоочищения реки [1, 2].

Санитарно-биологическое состояние реки зависит от проточности, лимитируемой в целях сохранения полезных биоценозов, окружающей природы и минимального благоустройства в следующих пределах:

1) для обеспечения минимально необходимого микробиологического режима нужно сохранять проточность водоема, не допускать превращения реки в ряд отдель-

ных разобренных плесов [3]. Нарушение проточности приводит к замедлению темпов развития микроорганизмов, изменяет отношение в пользу организмов, ведущих анаэробное разложение, снижает численность сапрофитов - протеалитов, целлюлозных и др. На плесовых участках происходит аккумуляция органического вещества и возникает дефицит кислорода в летнюю и зимнюю межень [4];

2) при благоприятной температуре, наличии питательных веществ и достаточной прозрачности в реках с уменьшением проточности развивается большая биомасса планктонных организмов. Максимум биомассы наблюдается при отсутствии течения или скорости не выше 0,25 м/с. В условиях проточности до 0,90 м/с количество фитопланктона уменьшается [5]. Сине-зеленые водоросли могут развиваться при скорости течения до 0,10 м/с [6]. На развитие фитопланктона влияет также прозрачность воды (до 7 - 10 см по диску Секки фитопланктон отсутствует, при 20 - 30 см развиваются отдельные представители) [7]. При нарушении проточности и возникновении расчлененных по длине реки плесов (бочагов) сырая биомасса водорослей в них может достигать 5 - 10 кг/м<sup>2</sup>, зарастание реки прогрессирует, причем происходит замена исторически сложившихся биоценозов новыми - однообразными, со стойкими к загрязнению и эвтрофированию видами, типичными для стоячих водоемов [8].

Основными факторами формирования фитопланктона в реке являются проточность (скорость течения), глубина наполнения, рельеф дна, характер грунтов. Достаточной для предупреждения зарастания водорослями может быть принята скорость течения 0,5 - 0,6 м/с [9];

3) при уменьшении проточности на мелководьях и по берегам рек происходит интенсивное развитие высших водных растений-макрофитов (гигрофитов). Зарастание наблюдается при скоростях течения ниже 0,30 м/с, на глубинах - меньше 2,5 м и достаточной проточности воды [10]. Зарастание русел происходит за счет земноводной растительности - тростника, рогоза и др. В реках с постоянной проточностью зарастает только прибрежная полоса, в расчлененных на плесы - вся ширина русла. Зарастание приводит к обмелению рек, заморным явлениям в зимнее время, накоплению углекислоты [11]. Для рек шириной до 10 - 15 м, глубиной 0,7 - 1 м, допустимой по условиям не зарастания, может быть принята скорость течения 0,1 - 0,2 м/с;

4) донные сообщества, заселяющие мягкие и твердые субстраты малых рек и влияющие на формирование качества воды в них, также зависят от проточности. При распадении реки на ряд замкнутых плесов в них ухудшается газовый режим и обедняется фауна. При снижении уровня воды до нескольких сантиметров гидробионты уходят из донных осушаемых участков, при этом скорость отступления воды не должна превышать 2,5 см/ч. Сохранение бентосных организмов обеспечивается закапыванием в илы и песок с уменьшением влагообмена, в высушенном состоянии они снова переходят к активной жизнедеятельности после смачивания водой;

5) если в процессе эксплуатации реки высыхают отдельные ее участки, то некоторые представители речного биоценоза могут сохранять свою жизнедеятельность: водоросли - до 25 лет; тростник, камыш, рогоз - на изолированных плесах - в засушливый период до 2 - 3 месяцев [12]; бентосные организмы (моллюски, личинки, черви) - от 13 суток до 1 года, в сочетании анабиоза при высыхании сохраняется в течение 2 - 3 месяцев простейшие, круглые черви, личинки насекомых.

По условиям незаиляемости русел в реках должна сохраняться скорость течения, сообщающая подвижность грунтовым частицам дна. Проточность как условие незаиляемости определяется средними скоростями течения 0,20 - 0,25 м/с [13] и может быть также установлена по неразмывающей скорости в зависимости от гранулометрического состава донных отложений в соответствии с правилами проектирования гидротехнических сооружений [14, 15]. Для обеспечения водного спорта, туризма, рекреации мини-

мальная глубина в реке должна составлять 0,6 - 0,8 м [13], скорость течения и проточность не лимитируется.

Снижение уровня грунтовых вод на территории водосбора малой реки с учетом отбора подземных вод не должно влиять на минимальный бытовой уровень воды в реке.

При достаточном для статистической обработки ряде наблюдений минимально необходимый расход в реке может быть определен в следующих пределах:

- 1) самый малый =  $0,025 Q_{\text{миннед.}}$ ;  $0,03 Q_{\text{минсут.}}$ ;
- 2) малый =  $0,2 Q_{\text{минсут.}}$ ;
- 3) средний =  $Q_{\text{миннед.}}$ ;  $0,75 Q_{\text{мин мес.}}$  95% обесп.;  $0,5 Q_{\text{минсут.}}$ ;  
 $Q_{\text{минсут.}}$  97% обесп.;  $0,75 Q_{\text{минсут.}}$  95% обеспеченности;
- 4) повышенный =  $0,8 Q_{\text{минсут.}}$ ;  $Q_{\text{минсут.}}$  75% обеспеченности;  
 $Q_{\text{минсут.}}$  80% обесп.;  $Q_{\text{минсут.}}$  95% обесп.;  $Q_{\text{ср.}}$  из 10 наименьших суточных расходов.

Поскольку гидрологическая, санитарно-биологическая, рыбохозяйственная и пр. изученность малых рек далеко не достаточна, а приведенные нормы пригодны для использования в немногих конкретных случаях, предлагается сгруппировать задачи определения минимально необходимого расхода в малых реках с соответствующими лимитирующими условиями следующим образом.

Санитарно-биологический критерий лимитирования минимальных расходов устанавливается из условия заполнения и минимального обмена речных плесов. При этом условная глубина воды в реке принимается равной средней взвешенной по плесам и перекатам:

$$h_{\text{ср}} = \sum h_i l_i / \sum l_i.$$

Исходя из расчетного значения  $h_{\text{ср}}^{\text{пр}}$  определяется водоохранный расход в реке.

Критерий незаиляемости и незарастаемости русла водной растительностью: согласно этому условию, в реке должны быть обеспечены в меженный период неразмывающие скорости, допускаемые для гранулометрического состава донных отложений. Если в паводок наблюдается промывка русла от ила, то условием незаиляемости можно пренебречь. Незарастаемость русла одной растительностью обеспечивается средней скоростью течения в 0,3 м/с.

Рыбохозяйственный критерий лимитирования минимальных расходов: для обеспечения воспроизводства местной ихтиофауны и ценных пород рыбы, по согласованию с органами рыбоохраны устанавливаются лимитирующие глубины в пределах от 0,1 до 1 м и сроки стабильного сохранения уровня в период нереста. По лимитирующему значению глубин определяется рыбоохранный расход воды в реке.

Разбавление сточных вод в реке возможно при условии, что расход на разбавление обеспечивает снижение концентрации веществ загрязнителей по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ) до уровня ПДК ( $Q_{\text{мин}} = Q_{\text{пдк}}$ ).

Остальные условия, лимитирующие минимальный расход в реке (рекреация, дренирование водосбора, естественное повышение минерализации воды в летнюю межень и др.), можно считать в первом приближении не определяющими водоохранный расход.

При определении допустимых отборов из малых рек предстоит решить две технические задачи:

- а) определение отбора из не зарегулированных рек (начальное освоение);
- б) определение отборов из зарегулированных рек.

Во всех рассматриваемых случаях ниже створа в реке должен быть сохранен расход воды, обеспечивающий выбранный критерий лимитирования ее использования

или сумму критериев. Минимально необходимый расход в малых реках в период летней межени определяется по наибольшему значению из всех вычисленных критериев в соответствии с местными условиями.

Минимально необходимый расход в малой реке, формирующийся в период летней межени за счет запасов грунтовых вод в ее бассейне, должен:

а) предотвратить пересыхание реки на всем ее протяжении (санитарно-биологический режим). В этом случае запас грунтовых вод определяется по объему стока, поступающему через створ отбора в предположении равномерного убывания расхода в реке, вплоть до  $Q = 0$  перед началом весеннего увлажнения;

б) уберечь нерестилища от обсыхания на всем протяжении реки в течение всего периода развития молоди рыб (при рыбохозяйственном значении реки). В этом случае запас грунтовых вод определяется по объему стока, обеспечивающему наполнение русла в соответствии с требованиями рыбоохраны в течение всей летней межени;

в) сохранить запасы в "грунтовой" составляющей достаточными в случае использования малой реки как источника водоснабжения или разбавления сточных вод. Запасы грунтовых вод определяются по интегральным кривым стока для периода межени, а расходы воды в реке в первом приближении – по формуле Шези с использованием данных паспортизации рек, проектных изысканий и пр. Если запасы вод в меженный период меньше, чем нужно для обеспечения минимально необходимого расхода, то отбор из реки невозможен.

Допустимый отбор из малой реки для любых народно-хозяйственных целей представляет собой остаточный расход воды в ней за вычетом минимально необходимого для лимитирующего использования. Допустимый отбор, рассчитанный для заданного створа отдельной реки (или ее притока n-го порядка), проверяется затем по условию сохранения водохозяйственного назначения речного бассейна в целом. Суммарный отбор из малых рек бассейна не должен снижать гарантированный расход в створах основных рек, расположенных ниже по течению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Малые реки и водоемы: проблемы изучения, использования и охраны / Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева, Л.К. Малик и др. // Сб. тез. докл. Междунар. конгр. "Вода: экология и технология", "ЭКВАТЕК-96". - М., 1996. - С. 57.

2. Рекомендации Всесоюзного семинара: Организация охраны вод малых рек. ММВХ СССР. - Полтава, 1975.

3. Нестерова М.Ф. Об эвтрофировании и самоочищении р. Ораль / М.Ф. Нестерова, А.В. Евдуменко, Н.И. Варенко // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. – Киев : Наук. думка, 1975. - 228 с.

4. Мельберга А.Г. Зависимость бактериальной продукции от гидрогеологического режима в условиях малой реки / А.Г. Мельберга, А.К. Вавере-Зайдманс, В.И. Родионов / Основы биопродуктивности внутренних водоемов Прибалтики. - Вильнюс, 1975. - 474 с.

5. Окснюк О.П. Принципы прогнозирования планктона в водоснабжающих каналах / О.П. Окснюк, О.Г. Кафтанникова, Г.Н. Олеиник // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М. : Наука, 1975. - 187 с.

6. Приймаченко А.Д. Течение как фактор, определяющий развитие фитопланктона в водоеме // Первичная продукция морей и внутренних вод. - Минск, 1961. - 407 с.

7. Береза В.Д. Фитопланктон загрязненных притоков и контактных зон основной реки // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М. : Наука, 1975. - 187 с.

8. Шалалъ В.М. Эвтрофирование малых рек Молдавии и его влияние на альгофлору / В.М. Шалалъ, С.Е. Бызгу, П.А. Обух // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. – Киев : Наук.думка, 1975. - 228 с.
9. Скабичевский А.П. Условия формирования речного фитопланктона // Водные и наземные сообщества низших растений Сибири. – Новосибирск : Наука, 1974. -150 с.
10. Оценка изменений в составе ценозов малых рек Украины в условиях загрязнения, эвтрофирования и изменения водности / В.В. Полищук, Д.И. Радзимовский и др. // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М. : Наука, 1975. -187 с.
11. Стальмакова Г.А. К гидробиологической характеристике среднего течения реки Урал и прилегающих пойменных водоемов // Труды ЗИН АН СССР. - М.; Л., 1954. - Т. 16.
12. Антипов Н.И. Водный режим некоторых гигрофитов // Физиология растений. - 1961. - Т. 8. -Вып. 3.
13. Гатилло П.Д. Вопросы определения минимально необходимых расходов рек / П.Д. Гатилло, И.М. Филиппович // Проблемы использования водных ресурсов. – Минск : Наука и техника, 1971. - 199 с.
14. Справочник по гидротехнике. - М. : Гос. изд-во по строительству и архитектуре, 1955. - 828 с.
15. Черемисинов А.Ю. Рекультивация нарушенных земель : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, О.Г. Ревенков, С.П. Бурлаков. – Москва : ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2000. – 80 с.

**Krasnykh N.A.**

**Abulgafarov S.V.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor  
Kuban State Agrarian University

## **THE BASIC PRINCIPLES OF PROTECTION OF THE SMALL RIVERS FROM EXHAUSTION AND IRREVERSIBLE CHANGES**

With the use of reserves of local water increases the danger of depletion of river basins and their rebirth in the system losing water management, fisheries and landscape value. Their recovery requires huge cost, and often simply impossible. Especially heavy and irreparable damage can be caused by small rivers - the necessary structural units of the river network and the important elements the formation of surface runoff. In recent years, more and more small rivers disappear due to intensive development of the catchment and the violation of natural complexes the formation of surface runoff. In order to sound and systematic use of small streams is important to determine what should be the minimum required flow rate in the river that meets the sanitary and biological, fisheries and hydro-chemical conditions of the water source of existence. The flow over providing "water protection" flow in the river can be used by water users. Establishing that a small flow rate should be maintained rivers not less than  $0.20 \text{ m}^3 / \text{s}$  after use for irrigation, in some cases it is recommended to increase the flow rate of  $1 \text{ m}^3 / \text{s}$ .

Keywords: eutrophication, pollution, security, pool, river, surface runoff.

## ГЕОДЕЗИЯ

УДК 528. 711.11.086.6

**Макаренко С.А.**, к. с-х н., доцент

**Ломакин С.В.**, к. э. н., доцент

Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I

**Лютоев М.А.**

**Дудинская Н.В.**

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КВАДРАКОПТЕРА DJI PHANTOM 2, СНАБЖЕННОГО КАМЕРОЙ GoPro HERO 3, ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Вследствие быстрого развития, и распространения технологий ДЗЗ многие вузы ощутили необходимость внедрения таких технологий в учебный процесс, в научную деятельность, и с каждым годом изучение данных технологий становится необходимым для все более широких кругов специалистов. На начальном этапе образовательным учреждениям необходимо будет решать ряд проблем, в который входит не только проведение переподготовки преподавателей, но и главными вопросами становятся: приобретение программного и аппаратного обеспечения; приобретение данных ДЗЗ, которые будут использоваться для обучения и ведения научной работы. Наиболее простым и быстрым решением этих проблем является взаимодействие с компаниями, осуществляющими поставку всего необходимого для развития технологий ДЗЗ. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) основано на получении информации о поверхности Земли и объектах на ней, бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние. Сегодня основным источником данных ДЗЗ является съемка с космических аппаратов, на небольшие территории с беспилотных летательных аппаратов. Беспилотные летательные аппараты (или БПЛА) – летательные аппараты, которые не подразумевают нахождение на своем борту экипажа и применяются в основном для съемки с воздуха и наблюдения за наземными объектами в режиме реального времени. В статье описывается метод выполнения частичной калибровки цифровой камеры GoPro HERO 3. В качестве тест - объекта использована прямоугольная сетка. Выполнены исследования возможностей квадрокоптера DJI PHANTOM 2. Разработана методика настройки и диагностики квадрокоптера. Выполнен анализ результатов исследования.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), калибровка съемочных камер, дисторсия, корректировка изображения.

В последние годы интенсивно разрабатываются и внедряются новые методы геодезических изысканий с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и программного обеспечения автоматической обработки данных аэрофотосъемок. Использование для этих целей БПЛА значительно упрощает процесс съемки и открывает новые возможности, недоступные для обычной авиации. Это связано с минимальным

количеством времени, отводимого для съемки и труднодоступностью исследуемой территории.

Для аэрофотосъемки используются относительно недорогие и доступные цифровые камеры, которые в отличие от специальных, вносят искажения в изображения.

Для того, чтобы снимок представлял собой строго центральную проекцию объекта должны соблюдаться следующие условия:

- Строгая плоскость поверхности, в которой строится изображение;
- Известны элементы внутреннего ориентирования;
- Ортоскопичность объектива камеры;

Проверка выполнений перечисленных выше условий является задачей исследования съемочных камер, а определение элементов внутреннего ориентирования (отклонение от центральной проекции) – их калибровкой.

Проблема калибровки цифровых камер и обработки цифровых изображений является актуальной. Объясняется это прежде всего новой технологией получения снимков, что требует решения задачи отыскания наиболее простого и эффективного метода определения и учитывания искажений, вносимых цифровыми камерами [1, 6].

Целью работы было исследование цифровой камеры GoPro HERO 3, установленной на квадрокоптере DJI PHANTOM 2.

В задачи исследований входило:

- Подтверждение технических характеристик, заявленных производителем;
- Определение качества изображений, полученных цифровой камерой GoPro HERO 3;
- Разработка методики частичной калибровки цифровой камеры.
- Исследование возможностей квадрокоптера DJI PHANTOM 2.

#### **Калибровка съемочной камеры.**

При фотограмметрической обработке снимков требуется знание элементов внутреннего ориентирования (ЭВО) камеры и данных о дисторсии, которая в камерах, не предусмотренных для измерительных целей, может достигать заметных величин. Поскольку паспортные данные таких сведений не содержат, возникает необходимость в калибровке камер. Способ лабораторной калибровки, пригодных для практического применения, должен отвечать следующим требованиям: относительная простота создания тест-объекта и его компактность; возможность полной калибровки, т.е. определения ЭВО и дисторсии; минимальный объем измерений по снимкам. Вместе с тем в ряде случаев достаточно частичной калибровки, т.е. определения только дисторсии, например, для исследования ортоскопичности [5] объектива камеры или получения поля дисторсии для коррекции изображений плоских объектов [1, 8].

#### **Определение фокусного расстояния.**

В качестве тест - объекта использовался прямоугольник с нанесенными точками (рисунок 1).

Была выполнена съемка.

Фокусное расстояние вычислялось по формуле:

$$f = \frac{D}{m_{cp}}, \quad (1)$$

где  $\frac{1}{m_{cp}}$  - расстояние от тест - объекта до камеры, установленной на штативе.

- D- средний масштаб из частных масштабов.

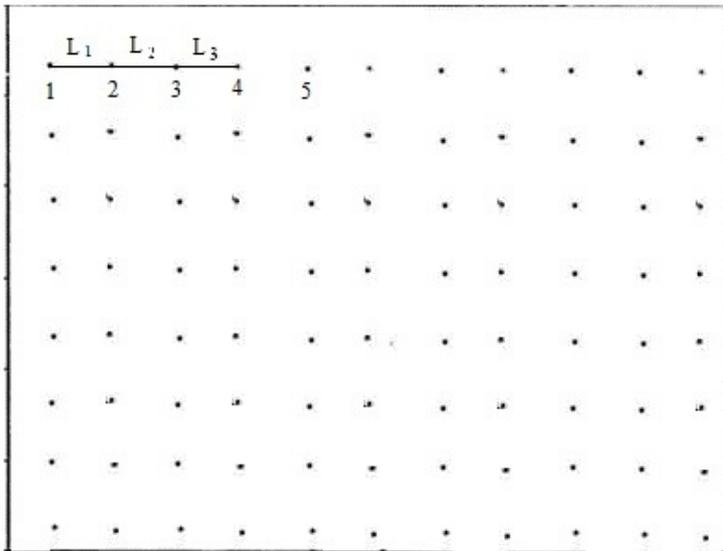


Рисунок 1. Плоский тест-объект

Частные масштабы вычислялись по формуле:

$$\frac{l_i}{L_i} = M, \quad (2)$$

где  $l_i$  и  $L_i$  размеры элементов тест - объекта, измеренные соответственно на снимке и реальном объекте.

Для исключения влияния дисторсии на размеры элементов тест - объекта была выполнена работа по определению вида дисторсии изображения.

**Определение дисторсии и ее устранение.**

Для определения дисторсии в качестве объекта был использован фасад здания Воронежского ГАСУ (рисунок 2).



Рисунок 2. Определение дисторсии объектива камеры GoPro HERO 3

На снимке, полученном камерой GoPro HERO 3 (рисунок 2) явно просматривается подушкообразная дисторсия [5].

Для ее исправления была использована программа Adobe Photoshop CC.

На рисунке 3 показано изображение объекта после обработки исходного изображения.



Рисунок 3. Снимок с исправленной дисторсией.

По разработанной методике устранения дисторсии было создано идеальное изображение тест-объекта (Рис.1.).

#### **Исследование квадрокоптера.**

Для разработки технологии аэрофотосъемки с БПЛА и последующей обработки выполнялись исследования возможностей для этих целей квадрокоптера DJI PHANTOM 2 (рис. 4).



Рисунок 4. Общий вид квадрокоптера DJI PHANTOM 2

Исследования выполнялись в два этапа. На первом этапе выполнялись:

1. Настройка и диагностика квадрокоптера. Для этого использовалась программа Dji Naza-M Assistant 2.2. Она предназначена для калибровки двигателей, установления GPS оборудования, настройки и калибровки пульта управления и настройки полетного контроллера [2].

Квадрокоптер был подключен к компьютеру при помощи комплектного Micro USB-кабеля (в соответствии с рисунком 5) и выполнены его настройки [4].



Рисунок 5. Подключение квадрокоптера к компьютеру

## 2. Отработка режима пилотирования при съемке.

Для приобретения навыков пилотирования, отработка обычных маневров и отработки новых фигур пилотажа при съемке различных объектов использовался многофункциональный симулятор Aero SIMRC. Он включает программное обеспечение и USB кабель, необходимый для подключения его к компьютеру.

На втором этапе выполнялась аэросъемка. В качестве объекта была выбрана набережная, находящаяся в городе Воронеже (рисунок 6).

Перед запуском квадрокоптера была выполнена калибровка компаса, с целью обеспечения надежной работы системы контроля полета.

Съемка выполнялась цифровой камерой в автоматическом режиме.



Рисунок 6. Объект аэрофотосъемки с БПЛА

В результате исследования квадрокоптера было установлено: данная модель квадрокоптера DJI PHANTOM 2 может быть использована при обследовании территорий с целью выполнения дешифрирования, мониторинга агроландшафтов [7], экологической ситуации, а также решений топографо – геодезических и кадастровых задач, локального мониторинга местности по полученным материалам.

При съемке вблизи антенн различного назначения существующие поля воздействуют на режимы полета квадрокоптера и могут привести к аварийным ситуациям.

Небольшое время полета на одной зарядке аккумуляторов ограничивает радиус действия и требует от оператора непрерывного контроля за уровнем зарядки батареи.

Ручной режим пилотирования требует от оператора хороших навыков управления летательным аппаратом. Фотограмметрическая обработка данных с БПЛА также мало отличается от обработки данных с «большой авиации», но имеет свои особенно-

сти. При обработке материалов, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов, часто исключается возможность использования автоматических операций в программном обеспечении. Так, автоматическое определение связующих точек требует много времени и зачастую приходится использовать ручное уточнение наводного мон-тажа. Кроме этого, как было отмечено выше, съемка беспилотными летательными аппаратами требует более высоких процентов перекрытия, а нестабильность полета приводит к еще большему увеличению этих процентов, что также вызывает сложности в стандартных фотограмметрических пакетах. В процессе полета съемка производится под разными углами и с разными высотами, что приводит к увеличению области поиска связующих точек.

Разработка нормативно-правовой базы использования воздушного пространства, а также подготовка кадров, специально обученных для работы с «беспилотниками».

Полученные результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для использования результатов аэросъемки с БПЛА для решения топографо-геодезических задач необходимо выполнить фотограмметрическую калибровку камер, которая позволит получить точность обработки практически такую же, как при съемке профессиональными фотограмметрическими камерами.

2. Объективно проверить и оценить технологию аэрофотосъемки с БПЛА для решения топографо-геодезических, кадастровых и локального мониторинга местности возможно по материалам аэрофотосъемки тестового пространственного полигона. Необходимость создания полигона для решения этих задач, является одной из задач исследований [3, 5].

3. Необходимо совершенствовать нормативно-правовую и техническую базу.

4. Более активно проводить, научно-исследовательские экспериментальные работы по разработке технологий применения БПЛА различного класса для решения различных задач локального мониторинга и в топографо- геодезических целях [6].

Выполненные экспериментальные работы подтвердили актуальность исследований по выбранному направлению.

Разработка и совершенствование технологий применений БПЛА для решения конкретных кадастровых и топографических задач будут продолжены.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельман Р.Н. Лабораторная калибровка цифровых камер с большой дисторсией /Р.Н. Гельман, А.Л. Дунц // Геодезия и картография. – 2012. - № 7.-С. 23-31.

2. Обзор квадрокоптера DJI PHANTOM 2.

3. Курков А.В. Опыты исследования БПЛА при проведении практики на «Закрытом полигоне» МИГАиК / В.М. Курков, А.В. Смирнов, Д.П. Ипоземцев // Геопрофи. - 2014. - № 4. - С. 55-61.

4. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www/racurs.ru/?page=681>

5. Ломакин С.В. Оценка эффективности использования сельскохозяйственных угодий на основе технологий спутникового мониторинга / С.В. Ломакин, С.А. Макаренко // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2015. - № 1 - С. 65-68.

6. Ломакин С.В. Картографическое и информационное обеспечение муниципальных образований / С.В. Ломакин, Н.И. Лапыгин., А.С. Ломакин // Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов : материалы 3-ей всероссийской науч.-техн. конф. – Тула : ТулГУ, 2013. – 356 с.

7. Черемисинов А.Ю. Словарь терминов и определений / А.Ю. Черемисинов, В.Д. Попело, О.П. Семенов, С.В. Ломакин, С.А. Макаренко, С.П. Бурлакин, И.П. Землянухин, А.А. Черемисинов, Н.С. Анненков, Е.В. Куликова, В.И. Ступин, М.В. Ванеева, В.С. Зуев, С.В. Саприн. – Воронеж : ВГАУ, 2014. – 212 с.

8. Черемисинов А.Ю. Физическая география : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, О.П. Семенов, С.В. Хруцкий, В.А. Мукосеев. - Воронеж, 2011. - 113 с.

**Makarenko S.A.**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor

**Lomakin S.V.**, Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor

Voronezh State Agricultural University after Emperor Peter I

**Dudinskaya N.V.**

**Lyutoev M. A.**

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Supervisor

## **STUDY OF THE POSSIBILITIES OF QUADROPTER DJI PHANTOM 2 EQUIPPED WITH GOPRO CAMERA HERO 3, FOR AERIAL PHOTOGRAPHY FOR SOLVING VARIOUS SCIENTIFIC AND ENGINEERING PROBLEMS**

Due to the rapid development and dissemination of remote sensing technologies, many universities have felt the need to implement these technologies in the educational process, in scientific activities, and each year the study of these technologies become increasingly required for wide range of specialists. Initially, educational institutions will need to address a number of challenges, which includes not only the conduct of training teachers, but the main issues are: the acquisition of hardware and software; the acquisition of remote sensing data, which will be used for teaching and conducting research. The simplest and quickest solution to these problems is to interact with companies engaged in the supply of all necessary for the development of remote sensing technology. Earth remote sensing (ERS) based on the receipt of information about the Earth's surface and objects on it, non-contact methods, in which the recording device is removed from the object of research for a considerable distance. Today, the main source of data is the remote sensing survey with the spacecraft, a small area with drones. Unmanned aerial vehicles (or UAVs) - aircraft, which do not involve being on his crew aboard and are mainly used for shooting from the air and ground-based observations of objects in real time. This article describes a method for performing a partial calibration digital camera GoPro HERO 3. As a test - object used rectangular grid. The studies opportunities kvadrakoptera DJI PHANTOM 2. A method for configuration and diagnostics kvadrakoptera. Completed analysis of the survey results.

Keywords: remote sensing unmanned aerial vehicle (UAV); calibration film cameras, the distortion, the adjustment of the image.

**Макаренко С.А.**, к. с -х н., доцент

Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I

**Соболев П.А.**

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

## **МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ**

При вычерчивании плановой основы с отметками высот и построении модели местности необходим грамотный выбор способов построения ситуации на плане, а также использование пакетов прикладных программ, позволяющих в более короткие сроки с высоким уровнем точности выполнять графические работы. В статье приводятся способы построения цифровой модели местности, в зависимости от исходного материала или данных. При использовании растровой подложки необходимо выполнить чистку файла и удаление не нужной информации, а также загрязнений, различных точек, пятен и др., произвести калибровку и сшивку планшетов, если это многолистная карта, или отвекторизовать изображение. Осуществив привязку к координатам возможна отрисовка горизонталей. Далее в Civele Civele создается модель рельефа. Откорректировать которую можно изменив свойства горизонталей, а именно радиус сглаживания, цвет, сечение рельефа. В статье рассмотрены еще два способа создания моделей рельефа: по нескольким известным координатам точек и растру и по файлу (таблице) с координатами всех имеющихся точек (X, Y, Z). Данные технологии применяются в таких направлениях как геодезия и топография, ландшафтное проектирование, землеустроительное проектирование, планировка населенных пунктов, мелиорация, гидро- и геологические изыскания.

Ключевые слова: цифровая модель, плановая основа, цифровой формат, местность, карта.

Цифровые модели рельефа (ЦМР) – одна из важных моделирующих функций геоинформационных систем, включающая две группы операций. Первая из которых обслуживает решение задач в создании модели рельефа, вторая – ее использование.

Цифровая карта - цифровая модель местности, созданная путем цифрования картографических источников, фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования, цифровой регистрации. Цифровая карта является основой информационного обеспечения автоматизированных картографических систем (АКС) и географических информационных систем (ГИС). Цифровые карты могут восприниматься человеком или быть источником информации машинных расчетов [1]. Цифровая карта используется для создания бумажных или компьютерных карт. Мы рассмотрим несколько способов получения поверхности рельефа местности по имеющимся цифровым данным.

Создание правильной цифровой модели местности подразумевает качественную графическую подложку (рисунок 1).

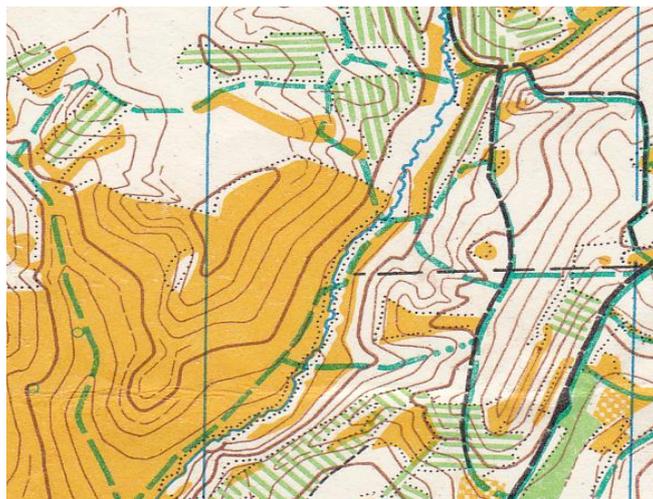


Рисунок 1. Фрагмент карты - подложки 1

Таким образом, в программной среде RasterDesign (Easy Trace) нам придётся выполнить некоторые манипуляции:

- Сканирование планшета с разрешением 500 dpi;
- Чистка полученного файла, удаление «дефектов» (данная операция значительно лучше делает вид печатаемых документов и уменьшает объем файлов);
- Редактирование растрового изображения: удаление, добавление либо перенесение частей изображения;
- Калибруем изображение: корректирование дисторсий по координатной сетке или любому набору опорных точек;
- Сшивка отсканированных фрагментов в один файл, если пришлось сканировать по частям.
- При очень качественном растре, можно применить векторизацию.

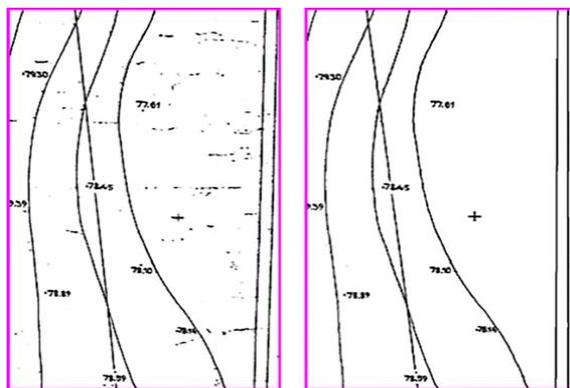


Рисунок 2. Часть плана до и после чистки

Таким образом, мы получили растровую подложку топоосновы — с отсутствием «дефектов» и геометрических искажений. Запускаем AutoCAD Civil 3D.

Средствами Civil (Вставка→Присоединить) вставляем растр в проект. Далее мы привяжем растр к его настоящим координатам. При работе с плановой основой необходимо руководствоваться масштабом и сечением рельефа местности [2].

Для привязки растрового изображения нам достаточно знать координаты 2-х точек плана, желательно оказавшихся на разных концах: например, мы можем использовать верхний правый и левый кресты (точки пересечения координатных линий). Операция производится штатными средствами Civil (Редактирование→Выравнивание или

\_Align из консоли). На запрос «Выберете объекты» щелкаем по области с изображением, позиционируем мышку над центром первого креста, щелкаем по нему, вводим с клавиатуры его координаты, повторяем эти манипуляции для второго креста, нажимаем ENTER и отвечаем «Да» на запрос «Масштабировать объекты?». Все другие кресты и опорные точки обязаны оказаться в надлежащих координатах, так как перед этим мы калибровали подложку. Имея такой проект, мы можем штатными средствами Civil выяснить положение каждой точки плана, измерить расстояние и т.п. — модель будет точно отражать реальность.

С помощью «Полилиний» отрисовываем горизонтали с растра. Далее назначаем отметки линиям, так как в исходном варианте они лежат на отметке 0.

В «Области инструментов» на вкладке «Навигатор», выбираем «Поверхность» → «Создать поверхность», откроется окно настройки (рисунок 3).

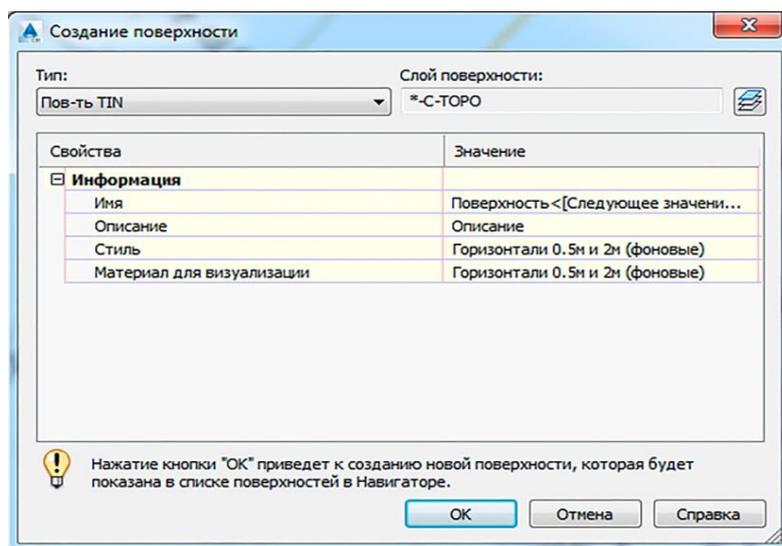


Рисунок 3. Окно настроек

«Поверхность» → «Определение» → «Горизонталы» добавляем данные полилиний. Civil автоматически создает рельеф, но не всегда корректно соединяет границы точек (создает ребра триангуляции там, где их не должно быть). Необходимо отредактировать поверхность. Переходим в окно «Редактирование» → «Поверхность» и выбираем удалить линии ребер (можно задать границу поверхности, результат будет тот же).

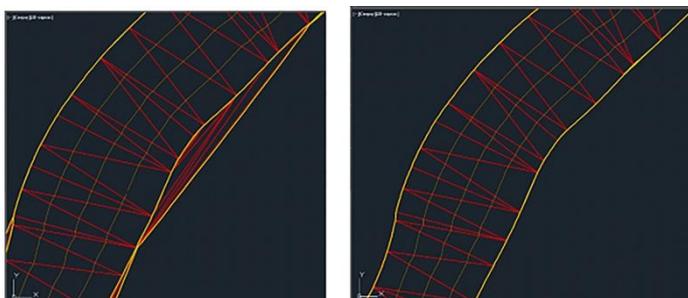


Рисунок 4. Горизонталы до и после

После правки ребер, можем посмотреть рельеф местности, если его надо подправить выбираем «Переставить ребро» и доводим модель до полного соответствия реальности.

Рассмотрим второй способ создания ЦММ по имеющемуся DWG-чертежу, где расположение объектов в пространстве модели не соответствует их реальным коорди-

натам, рельеф отрисован полилиниями с отметкой 0, а точки съемки — обычный круг с подписью, в которой содержится отметка. Создание ЦММ по этому чертежу не требует много времени (рисунок 5).

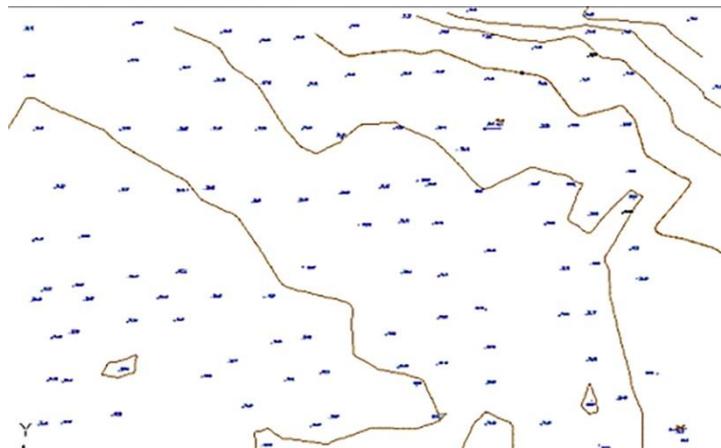


Рисунок 5. Исходный чертеж-dwg

Привязываем чертеж к реальным координатам. Для этого нам понадобится знать координаты хотя бы 2-х точек с которых производилась съемка. На запрос «Выберете объекты», мы обводим рамкой весь чертеж, указываем нашу исходную точку, вводим ее координаты с клавиатуры, повторяя данное действие и для второй точки, и на запрос «Масштабировать объекты?» отвечаем «Да».

Создаем поверхность, изменяя свойства горизонталей — в поле «Уровень» присваиваем им высоту. Подгружаем горизонтали в состав определения поверхности. Создаем геоточки по имеющимся в чертеже пикетам. Создаем из данного комплекта геоточек группу «Рельеф» (рисунок 6).

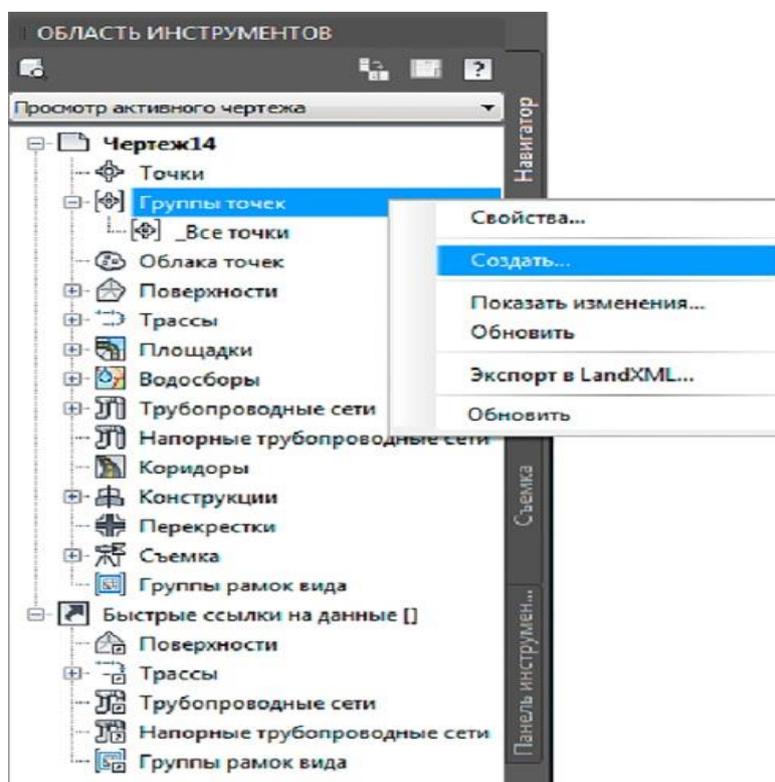


Рисунок 6. Создание группы точек

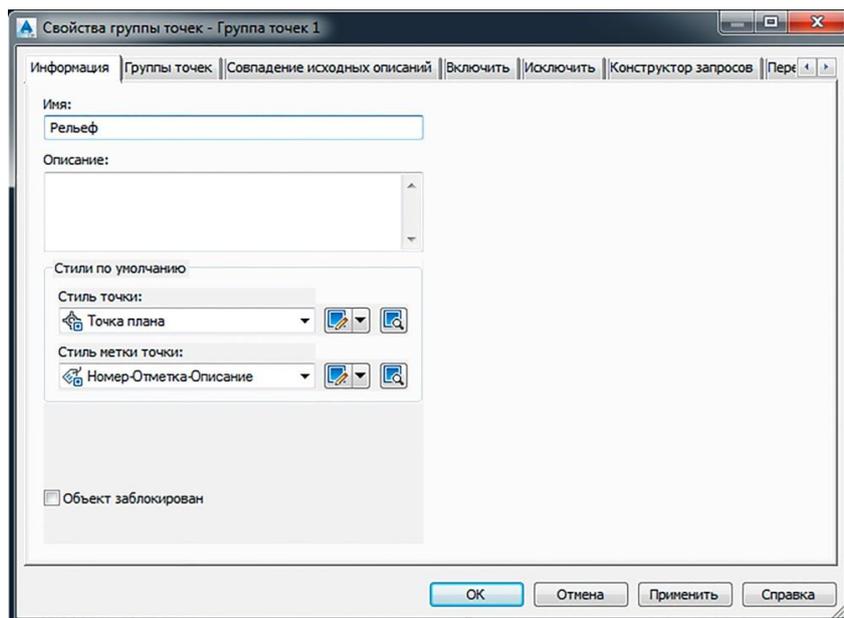


Рисунок 7. Свойства группы точек

Вкладка «Включить» выбираем точки. Программа сама отрисовывает ЦММ.

И наконец, рассмотрим третий способ - создание ЦММ по файлу с координатами. Имея текстовый файл с данными, полученный с тахеометра, представленный на рисунке 8.

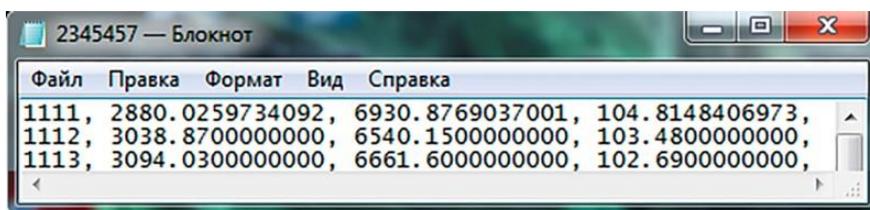


Рисунок 8. Файл координат

Мы видим здесь четыре колонки данных, с разделителем - запятой. В 1-ой колонке — номер точки съёмки, во 2-ой — координата X, в 3-ей — Y, в 4-ой — отметка точки.

1. Создаем проект
2. Добавляем поверхность
3. Вкладка «Вставка» → «Импорт» точки из файла рис. 9

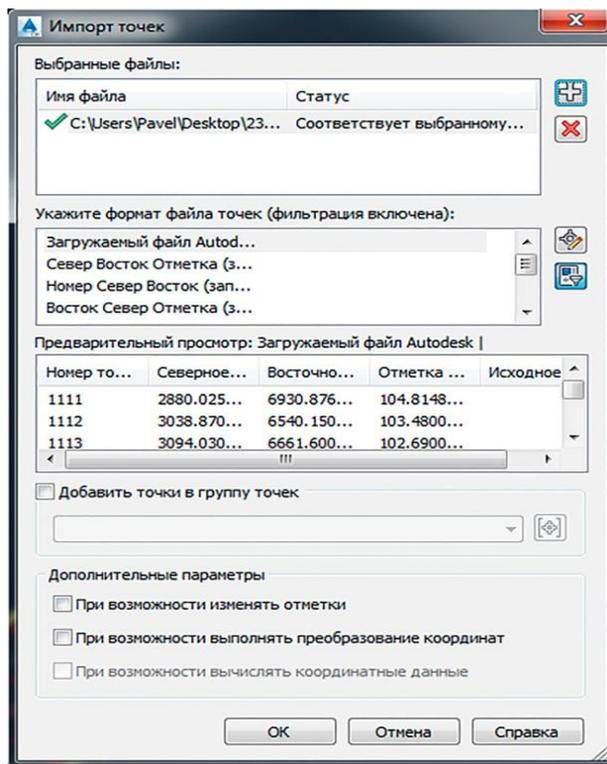


Рисунок 9. Импорт точек

4. Создаем группу точек.
5. Добавляем группу точек в «Определение» поверхности.
6. Выстраиваем модель поверхности. Рисунок 10.

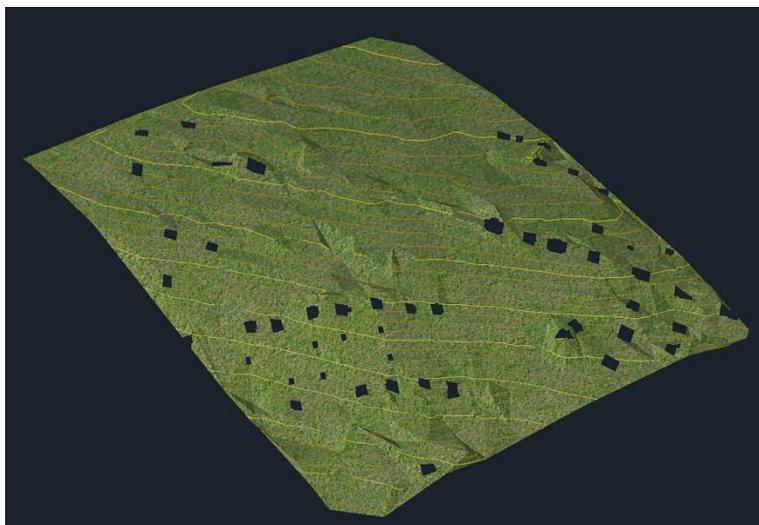


Рисунок 10. 3D модель рельефа

Таким образом, построенная модель будет наглядно отображать существующий рельеф местности, для проведения последующих проектно-изыскательных работ [3, 4].

Сегодня данные технологии применяются в таких направлениях как геодезия и топография, ландшафтное проектирование, землеустроительное проектирование, планировка населенных пунктов, гидро- и геологические изыскания и др. [4, 5]. Цифровые модели рельефа в форме матриц высотных отметок входят в состав наборов базовых пространственных данных практически всех национальных и региональных ИПД (информационно пространственных данных).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маликов Б.Н. Составление подготовка к изданию карт и атласов с использованием компьютерных технологий / Б.Н. Маликов., Я.Г. Пошивайло — Новосибирск : изд. СГГА, 2002. – 92 с.
2. Макаренко С.А. Создание электронных карт // Материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж : ВГАУ, 2013. – С. 87-94.
3. Лютый А.А. Язык карты: сущность, система, функции. - Изд. 2-е испр. – М. : ИГ РАН, 2002. – 327 с.
4. Черемисинов А.Ю. Словарь терминов и определений / А.Ю. Черемисинов, В.Д. Попело, О.П. Семенов, С.В. Ломакин, С.А. Макаренко, С.П. Бурлакин, И.П. Землянухин, А.А. Черемисинов, Н.С. Анненков, Е.В. Куликова, В.И. Ступин, М.В. Ванеева, В.С. Зуев, С.В. Саприн. – Воронеж : ВГАУ, 2014. – 212 с.
5. Черемисинов А.Ю. Физическая география : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, О.П. Семенов, С.В. Хруцкий, В.А. Мукосеев. - Воронеж, 2011. - 113 с.

**Makarenko S.A.**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor  
Voronezh State Agricultural University after Emperor Peter I

**Sobolev P.A.**

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Supervisor

## HOW TO CREATE DIGITAL TERRAIN MODEL

When drawing a scheduled basis with elevations and building terrain model requires the right choice of methods for constructing the situation on the plan, as well as the use of application packages that enable more quickly with a high level of accuracy to perform graphic work. The article provides methods of constructing a digital terrain model, depending on the starting material or information. When using raster substrates need to be cleaned and file removal is not necessary information, as well as contamination of different points, spots, etc., Calibrate and crosslinking tablets if multivalent card, or vectorize im . To bind to the coordinates of possible contour drawing. Next to Civile create terrain model. Correct where you can change the properties of contour lines, namely the radius of smoothing .tsvet, the cross section of the relief. The article describes two ways to create terrain models for several known coordinates and points and raster file (table) with the coordinates of all available points (X, Y, Z). These technologies are used in such areas as surveying and topography, landscape design, land use planning, planning of human settlements, land reclamation, hydraulic and geological surveys.

Keywords: digital model, planning basis, digital format, area, map.

## ЛАНДШАФТЫ

УДК 625.855

**Ковалев Н.С.**, к. т. н., профессор

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,

**Отарова Е.Н.**, старший преподаватель

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

### **АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ ПОРОШКОМ**

Негативная статистика экологических и экономических проблем, возникающих при осуществлении поверхностной обработки снежно-ледяных образований на дорожном покрытии, давно сделала актуальной задачу создания асфальтобетонных покрытий с антигололедными свойствами. С целью повышения эффективности противогололедной добавки без снижения прочности покрытия и уменьшения коррозионного воздействия на металлические части автотранспорта и снижения стоимости приготовления смесей предложено вводить противогололедную добавку в виде минерального порошка, полученного совместным помолом известняка, смеси хлоридов и битума. Новый подход к получению качественных асфальтобетонных смесей для строительства дорог и получению противогололедных асфальтобетонных покрытий основан на теории твердофазных реакций, которые инициируются механическим воздействием, приводящим к диспергированию и взаимодействию твердофазных реагентов. Были проведены лабораторные исследования адгезии льда к поверхности асфальтобетонного покрытия, изготовленного с применением противогололедного модифицированного минерального порошка. Получена математическая модель предела прочности при сцеплении льда с асфальтобетоном в зависимости от содержания хлоридов минеральном порошке, содержания минерального порошка и битума. В результате исследования установлено, что применение модифицированного минерального порошка снижает адгезию льда к поверхности асфальтобетонного покрытия до 10-12 раз. Положительные результаты получены и при устройстве опытного участка покрытия. Адгезия льда при температуре испытания – 7°С в 3 и более раз меньше, чем на покрытии из обычного асфальтобетона. Вышенаписанное позволяет сделать вывод о возможности применения предлагаемой добавки на дорогах с любой интенсивностью движения. Это позволит существенно снизить экологическую нагрузку на придорожную растительность, уменьшить коррозионное воздействие на автомобильный транспорт и обстановку пути, снизить количество дорожно-транспортных происшествий и стоимость строительства и эксплуатации покрытий.

Ключевые слова: эксплуатация дорог в зимний период, асфальтобетон, модифицированный минеральный порошок, адгезия льда к поверхности асфальтобетона.

Для большой территории России на период от 4 до 6 месяцев характерна вероятность образования зимней скользкости на покрытии автомобильных дорог. В понятие «зимняя скользкость покрытия» включаются такие метеорологические явления, как гололед, снежный накат, ледяной покров, изморозь и другие явления, существенно снижающие коэффициент сцепления колес автомобиля с дорогой. Борьба с зимней скользкостью дорожных покрытий является одной из важнейших задач дорожно-

эксплуатационных служб, так как зимняя скользкость наносит весьма ощутимый ущерб экономике, обусловленной гибелью и травматизмом участников движения, разрушением транспортных средств и грузов при дорожно-транспортных происшествиях, к тому же при этом происходит сильное негативное воздействие на придорожную растительность и коррозию автомобилей и ограждающих конструкций [1 - 4].

В настоящее время для борьбы с зимней скользкостью применяется россыпь фрикционных материалов, смеси твердых хлоридов с фрикционными материалами, повышающими коэффициент сцепления, а также плавления с помощью твердых и жидких химических реагентов гололеда и снежного наката [5].

Все эти методы борьбы с зимней скользкостью основаны на воздействии противогололедных компонентов «сверху», т.е. противогололедные материалы распределяются машинами и механизмами на обрабатываемые площади.

Негативная статистика экологических и экономических проблем, возникающих при осуществлении обработки снежно-ледяных образований на дорожном покрытии, давно сделала актуальной задачу создания асфальтобетонных покрытий с антигололедными свойствами [6].

Из литературы известно применение в асфальтобетоне добавки Verglimit, которая содержит капсулы химического реагента, покрытые полимерной оболочкой. Под воздействием автотранспорта, капсулы, находящиеся у поверхности покрытия, вскрываются, и частицы хлорида кальция распределяются по поверхности покрытия [7].

Наблюдения за опытными участками покрытий, построенных по этому способу в США, показали, что образование гололеда замедлилось, количество дорожно-транспортных происшествий снизилось по сравнению с другими участками, но стоимость асфальтобетона с добавками антиобледенителя увеличилась в 3 раза [8]. Это покрытие работает эффективно при интенсивности движения свыше 5000 авт./сут., что значительно сокращает область его применения.

В работе [9] указывается, что для предотвращения гололеда известен способ строительства асфальтобетонных покрытий из смесей, содержащих частицы солей, заключенных в пластмассовые оболочки. В процессе износа покрытия под действием колес автомобилей пластмассовые оболочки разрушаются и поэтому на поверхности покрытия всегда находится небольшое количество соли. Предложено усовершенствовать этот способ, применяя частицы меньшего размера. Это обеспечивает их более равномерное размещение в асфальтобетоне и не приводит к заметному ухудшению его прочностных характеристик. Кроме того, в качестве материала оболочек используется пластмасса в виде олеиновых полимеров с добавками талька или цемента.

Сотрудниками ГипродорНИИ изобретен «Способ приготовления композиции для устройства верхнего слоя дорожного покрытия», суть которого составляет введение в асфальтобетонную смесь 3-5% порошкообразной (размер частиц не более 0,2 мм) антигололедной добавки. Добавка представляет собой продукт совместного измельчения хлористых солей (90%) и гидрофобизатора на основе кремнеорганических продуктов (10%) [10]. На основе этого изобретения в РосдорНИИ разработаны и изданы в 2002 г. «Методические рекомендации по применению наполнителя «Грикол» в составах асфальтобетонных смесей для устройства покрытия с антигололедными свойствами» [11].

Рекомендуется использовать добавку «Грикол» в покрытиях на автомобильных дорогах I, II и III технических категорий с интенсивностью движения не менее 100 авт./ч на одну полосу движения. Отмечается, что при малой интенсивности движения антигололедный эффект незначителен. Разработчики технической документации утверждают, что введение «Грикола» в количестве 4,5-6% от массы минерального материала в смесь позволяет в зимний период обеспечить антигололедный эффект при температурах до  $-6^{\circ}\text{C}$  и ветре менее 10 м/с в течение 5-6 лет. Это обусловлено при-

существованием на поверхности дороги солевого раствора, который выделяется из асфальтобетонного покрытия под воздействием транспортных средств и благодаря капиллярно-пористой структуре асфальтобетона [11].

С целью повышения эффективности противогололедной добавки без снижения прочности покрытия и уменьшения коррозионного воздействия на металлические части автотранспорта и снижения стоимости приготовления смесей сотрудниками ВИСИ предложено вводить противогололедную добавку в виде минерального порошка, полученного совместным помолом известняка, смеси хлоридов и водорастворимых фосфатов щелочных или щелочноземельных металлов и битума, причем доля хлоридов составляет 50-70% от массы минерального порошка, водорастворимых фосфатов 3-8% от массы хлоридов и битума в количестве 2-3% от массы минерального порошка, при этом доля указанных хлоридов составляет 3-7% от массы битумо-минеральной смеси при водопоглощении последней 4-9% по объему [12].

Новый подход к получению качественных асфальтобетонных смесей для строительства дорог и получению противогололедных асфальтобетонных покрытий основан на теории твердофазных реакций, которые инициируются механическим воздействием, приводящим к диспергированию и взаимодействию твердофазных реагентов [13].

Разрушение твердых фаз приводит к образованию нарушений атомной структуры, обуславливающих снижение энергетического барьера потенциальных химических реакций. Благодаря диспергированию и интенсификации массопереноса в процессе совместного помола реагирующих веществ становится возможным твердофазный механохимический синтез. Совместный помол карбонатной горной породы (щебня) и хлоридов в присутствии органического вяжущего позволил получить как модифицированный минеральный порошок, значительно повышающий качество асфальтобетонов, так и асфальтобетонные покрытия, обладающие противогололедными свойствами [14].

При совместном помоле известняка с хлоридами достигается не только тонкое измельчение компонентов, но и в высокой степени однородность их распределения в асфальтобетонной смеси при введении указанного минерального порошка. При совместном помоле компонентов возникают свободные радикалы на поверхностях известняка, хлоридов, которые рекомбинируют между собой и хлориды оказываются частично привитыми на поверхности известняка. Введение органического вяжущего предотвращает агрегацию тонкоизмельченных частиц и изменяет их поверхность, делая ее родственной асфальтовяжущему веществу асфальтобетонных смесей [15].

Структурно-механические свойства асфальтобетонных смесей с противогололедным минеральным порошком изучены в работах [16-19]. Исследования показали, что асфальтобетоны с применением модифицированного противогололедного минерального порошка удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128-2013 [20] по всем показателям: пределам прочности при сжатии при температурах 0, 20, 50°C, коэффициенту тепло- и водоустойчивости, набуханию.

В лабораторных условиях для приготовления асфальтобетонных смесей применяли гранитный щебень фракции 5-20 мм и, в качестве песка, отсев гранитного щебня Павловского ГОКа Воронежской области. Гранитный щебень и отсев (песок) отвечают всем требованиям ГОСТ 8267-93 [21], ГОСТ 8736-93 [22]. В качестве вяжущего использовали битум марки БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 [23]. Зерновой состав минеральной части асфальтобетона был принят мелкозернистым типа А с содержанием щебня фракции 5-20 мм в количестве 50-60%.

Гранулометрические составы асфальтобетонных смесей, принятые для исследования, были следующие (в вес. %): щебень фракции 5-20 мм – 60,7 - 51; песок из гранитного щебня - 35; противогололедный минеральный порошок с содержанием хлорида 50-70 % - 4,3 - 14.

Содержание битума марки БНД 60/90 принято в количестве 4-6% сверх 100% минеральной части.

Ввиду многокомпонентности состава асфальтобетонных смесей с целью сокращения числа экспериментов и разработки достоверной математической модели, адекватно отражающей исследуемые процессы, нами для изучения адгезионных свойств исследуемых составов асфальтобетонных смесей с противогололедным минеральным порошком применен метод математического планирования экстремальных экспериментов с использованием трехфакторного трехуровневого плана второго [24, 25]. В качестве переменных факторов при исследовании выбрали следующие:

$X_1$  - содержание хлорида в минеральном порошке, %;

$X_2$  - содержание хлорида в асфальтобетонной смеси, %;

$X_3$  - содержание битума в асфальтобетонной смеси (сверх 100% минеральной части), %.

Интервалы варьирования переменных, установленные на основе предварительных поисковых исследований, приведены в таблице.

Таблица – Значения интервалов варьирования переменных

Код	Значение кода	Физическое значение переменных факторов, %		
		$X_1$	$X_2$	$X_3$
Основной уровень	0	60	5	5
Интервал варьирования	$\Delta X_i$	10	2	1
Верхний уровень	+1	70	7	6
Нижний уровень	-1	50	3	4

Переход от физических значений к кодированным осуществляли по формулам:

$$x_1 = \frac{X_1 - 60}{10}, \quad x_2 = \frac{X_2 - 5}{2}, \quad x_3 = \frac{X_3 - 5}{1}.$$

Нами были проведены лабораторные исследования адгезии льда к поверхности асфальтобетонного покрытия, изготовленного с применением противогололедного модифицированного минерального порошка методом сдвига при кручении.

Для этого в лабораторных условиях изготавливали образцы диаметром 150 мм и высотой 30 мм. Поверхность асфальтобетонного образца зачищали. Адгезию определяли испытаниями на сдвиг при кручении стальной рамки размером 100 x 100 x 25 мм, которую помещали на поверхность образца и в нее заливали дистиллированную воду из расчета полного водонасыщения образца и образования на поверхности последнего (в рамке) слоя воды толщиной 10 мм. После этого образцы помещали в морозильную камеру, где замораживали до полного промерзания при температуре  $-10^0$ С.

После проведения экспериментов, полученные результаты обработаны методами математической статистики, разработана математическая модель, произведена оценка значимости коэффициентов уравнения математической модели по критерию Стьюдента. Незначимые коэффициенты отбрасывали, по уточненной модели вычислили дисперсию адекватности и по критерию Фишера установили ее достоверность [24].

Математическая модель, характеризующая адгезию льда к поверхности при температуре  $-10^0$ С, описывается следующим выражением в кодированных переменных

$$R_{-10} = 0,226 + 0,104 x_1^2 - 0,006 x_2^2 + 0,024 x_3^2 - 0,221 x_1 - 0,071 x_2 + 0,069 x_3 + 0,026 x_1 \cdot x_2 - 0,024 x_1 \cdot x_3, \text{ МПа}$$

Анализ математической модели позволил установить влияние каждого фактора на адгезию льда к поверхности асфальтобетона при  $-10^{\circ}\text{C}$ . Адгезия льда к поверхности асфальтобетона при  $-10^{\circ}\text{C}$  в наибольшей степени зависит от содержания хлорида в минеральном порошке, на это указывают коэффициенты при линейных и квадратичных переменных  $x_1$ . При увеличении хлорида в минеральном порошке адгезия льда к поверхности асфальтобетона уменьшается (знак при линейном  $x_1$  отрицательный). При увеличении содержания хлорида в асфальтобетонной смеси также уменьшается адгезия льда к поверхности асфальтобетона (знак при линейном  $x_2$  отрицательный). Увеличение содержания битума в асфальтобетонной смеси приводит к возрастанию адгезии льда к асфальтобетону (на это указывает коэффициент при линейном  $x_3$ ). Влияние парных коэффициентов взаимодействия на порядок ниже.

Для лучшей интерпретации полученной математической модели нами были построены графики в разных системах координат для выявления влияния каждого фактора на изменение адгезии льда к поверхности асфальтобетона (рисунки 1, 2).

Как видно из рисунков 1 и 2, наиболее интенсивно уменьшение адгезии льда к поверхности асфальтобетона происходит при увеличении содержания хлорида в минеральном порошке до 60-65%. Дальнейшее увеличение хлорида в минеральном порошке практически не приводит к снижению адгезии льда к поверхности асфальтобетона.

Увеличение содержания битума в смеси приводит к возрастанию адгезии льда. Однако определяющее значение на адгезию льда к поверхности асфальтобетона оказывает содержание хлорида в смеси.

Адгезия льда к поверхности асфальтобетона без введения противогололедного минерального порошка при температуре испытания  $-10^{\circ}\text{C}$  равна 0,99-1,0 МПа.

Проведенные исследования структурно-механических свойств асфальтобетонных смесей с противогололедным минеральным порошком позволили разработать оптимальные составы для устройства верхних слоев покрытий автомобильных дорог с шероховатой поверхностью: минеральный порошок с содержанием хлорида 55-65%, содержание хлорида в асфальтобетонной смеси должно в пределах 4-6%, а содержание битума – в пределах - 4,5-5,5%.

При таких соотношениях компонентов адгезия льда к поверхности асфальтобетона изменяется в пределах от 0,1 до 0,45 МПа. Таким образом, введение противогололедного минерального порошка позволяет уменьшить адгезию льда к поверхности асфальтобетона до 10-12 раз.

Диффузия растворов солей в ультраповерхностный слой, ответственный за взаимодействие льда и асфальтобетона, происходит в соответствии с первым законом Фика. При поступлении воды в поры происходит диффузия через битумную пленку хлоридов и растворение их в воде.

Этим свойством предлагаемая добавка существенно отличается от всех противогололедных добавок, предлагаемых отечественными и зарубежными учеными [9, 10], где основной противогололедный эффект проявляется только при истирании покрытия при интенсивности движения по дороге не менее 5000 авт./сут, а в глубине слоя противогололедная добавка не работает.

Цифры на кривых – содержание хлорида в асфальтобетонной смеси, %.

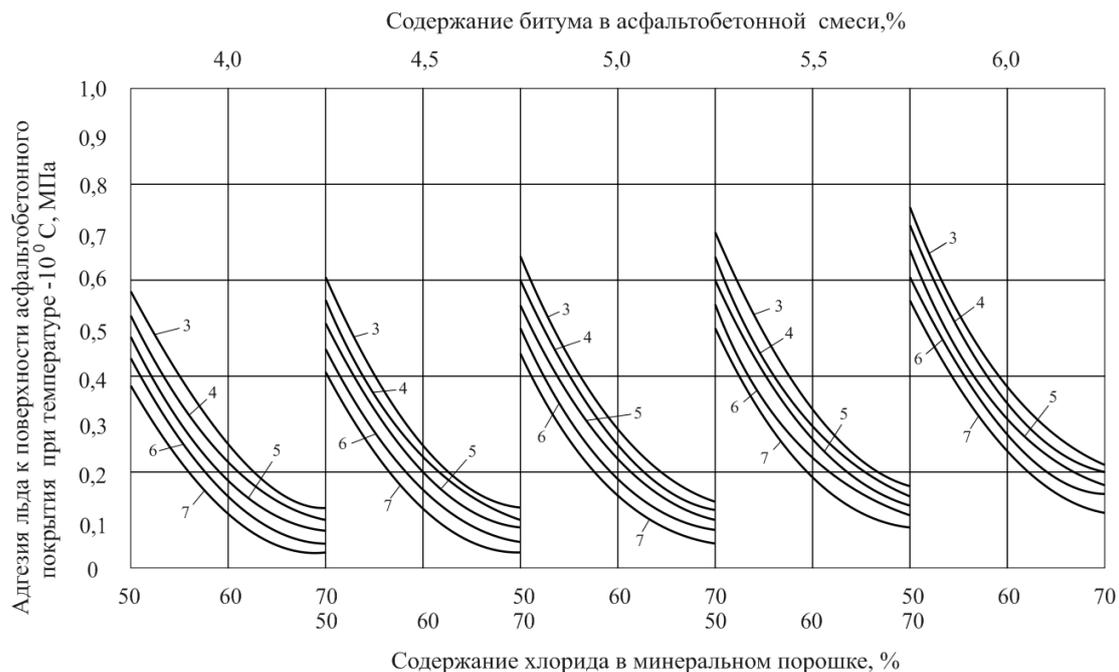


Рисунок 1. Изменение адгезии льда к поверхности асфальтобетонного покрытия в зависимости от содержания хлорида в минеральном порошке, а также хлорида и битума в асфальтобетонной смеси.

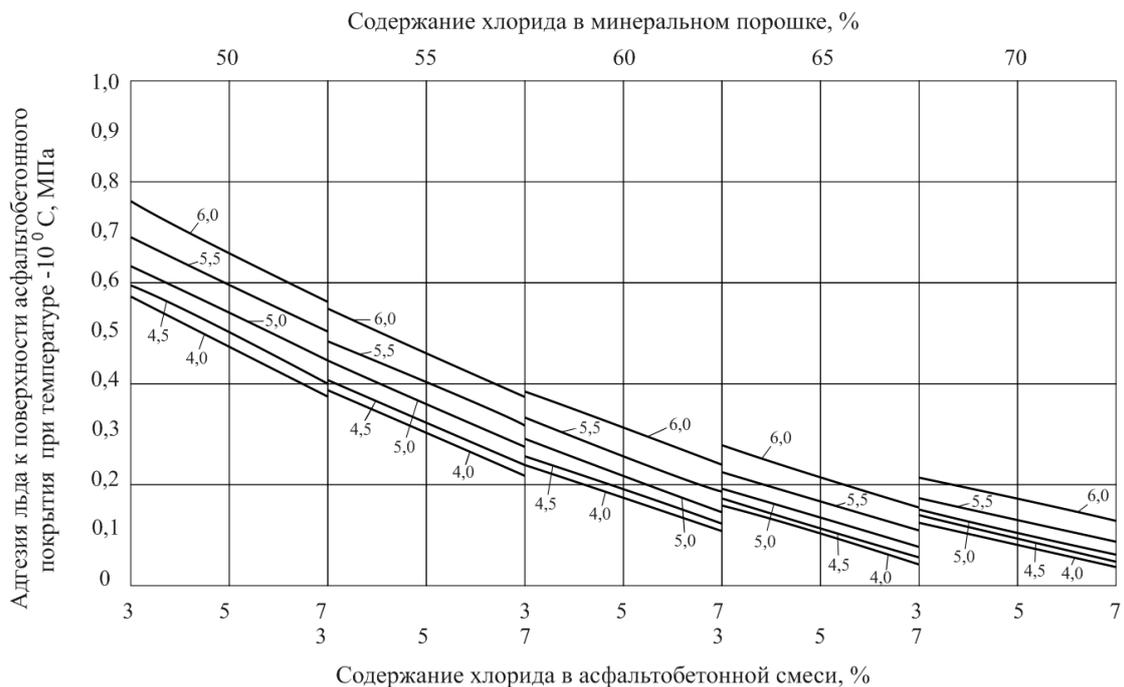


Рисунок 2. Изменение адгезии льда к поверхности асфальтобетонного покрытия в зависимости от содержания хлорида в минеральном порошке, а также хлорида и битума в асфальтобетонной смеси.

Цифры на кривых – содержание битума в асфальтобетонной смеси, %.

Не вызывает сомнения, что применение модифицированного противогололедного минерального порошка позволит снизить негативные воздействия на окружающую среду и коррозионное воздействие на транспортные средства и обстановку дороги.

Положительные результаты лабораторных исследований позволили провести опытно-производственное строительство участков битумоминеральных покрытий автомобильных дорог [26].

В сентябре 2004 г. на заводе минерального порошка с. Отрадное Воронежской области была изготовлена партия минерального порошка с противогололедной добавкой. Приготовление минеральных порошков производилось путем совместного помола известнякового щебня Елецкого карьера Липецкой области, концентрата минерального – галита (соль самосадочная без добавки по ТУ 2111-083-00209527-99) в присутствии 2% дегтя Новолипецкого металлургического комбината. В партии минерального порошка (массой 19 т) содержалось 45% соли. По тонкости помола минеральные порошки с противогололедной добавкой соответствовали требованиям ГОСТ Р 52129-2003 [27].

Для приготовления асфальтобетонных смесей с противогололедной добавкой применяли гранитный щебень фракции 5-20 мм и, в качестве песка, отсев дробления гранитного щебня Павловского ГОК Воронежской области. Состав асфальтобетонной смеси для производственного строительства был принят следующий (масс. %): щебень – 46; отсев Павловского ГОК – 42; минеральный порошок – 12; битум марки БНД 60/90(сверх 100% минеральной части) – 6,0.

Температура приготовления асфальтобетонной на выходе из смесителя была 150<sup>0</sup>С. Всего было приготовлено 450 т асфальтобетонной смеси и уложено в покрытие на автомобильной дороге «Бобров – пос. Ильича» а Воронежской области (ПК 17-ПК 17+50). Приготовленная асфальтобетонная смесь имела следующие показатели физико-механических свойств: плотность – 2,37 г/см<sup>3</sup>; водонасыщение, % по объему – 3,51; предел прочности при сжатии при температуре 20<sup>0</sup>С – 3,51 МПа; коэффициент водостойкости – 0,90; сцепление битума с минеральной частью асфальтобетонной смеси - выдерживает.

За построенным опытным участком покрытия автомобильной дороги проводили систематические наблюдения в течение зимнего периода времени 2004/2005 и 2005/2006 г. При визуальном обследовании установлено, что предлагаемая противогололедная добавка препятствует образованию льда и снежного наката на поверхности, обладает высокой плавящей способностью. На поверхности покрытия экспериментального участка постоянно находятся ионы хлора, которые препятствуют сцеплению ледяных образований с поверхностью дороги.

При несвоевременной уборке снега вдоль кромок проезжей части опытного участка на ширину 0,2-0,5 м имелся снежный накат, который легко отделялся от поверхности покрытия и разрушался колесами автомобильного транспорта при температуре окружающего воздуха 4-8<sup>0</sup>С. На соседнем участке покрытия, обработанного песко-соляной смесью, ширина снежного наката достигает 1-1,5 м и полосы такого наката превращаются в ледяные образования, отделить которые от покрытия практически невозможно. Специально сконструированным прибором для полевых условий было проведено определение адгезии льда к поверхности покрытия, которое показало, что на опытном участке покрытия адгезия (прочность примерзания) в 3-9 раз меньше, чем на соседних участках (при тех же температурах испытания, проводимых одновременно на двух участках).

В асфальтобетонных покрытиях имеются поры, которые сообщаются как с поверхностью покрытия, так и между собой. При поступлении воды в поры происходит диффузия хлоридов через битумную пленку и растворение их в воде. На поверхности покрытия хлориды обнажаются при истирании на них пленки битума, но концентрация хлоридов в растворах здесь всегда ниже, чем в глубинных слоях асфальтобетонного слоя, так как соли хлоридов растворяются здесь в большем количестве воды, а также частично удаляются с талой водой при разрушении гололедного слоя и с осадками в виде дождя и снега.

Потери солей в поверхностном слое покрытия восполняются из глубины слоя за счет всасывающего действия шин колес автотранспорта и диффузных процессов. Поэтому концентрация солей хлоридов на поверхности битумоминерального покрытия практически постоянная и достаточная для эффективного снижения адгезии льда к покрытию при гололеде и для более легкого разрушения колесами автотранспорта вследствие его рыхлости и таяния.

#### Выводы:

1. Разработана математическая модель адгезии льда к поверхности асфальтобетона в зависимости от содержания хлоридов в минеральном порошке и асфальтобетонной смеси, содержания битума.
2. Подобраны рациональные составы асфальтобетонных смесей с модифицированным противогололедным минеральным порошком.
3. Применение асфальтобетонных покрытий с модифицированным противогололедным минеральным порошком возможно на дорогах с любой интенсивностью движения. Эффективно снижение адгезии льда к поверхности асфальтобетона до температуры окружающего воздуха не ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . В производственных условиях адгезия льда при температуре испытания  $-7^{\circ}\text{C}$  в 3-9 раз меньше, чем на покрытии из обычного асфальтобетона.
4. Применение асфальтобетонных покрытий с модифицированным противогололедным минеральным порошком позволит существенно снизить экологическую нагрузку на придорожную растительность, уменьшить коррозионное воздействие на автомобильный транспорт и обстановку пути, снизить количество дорожно-транспортных происшествий и стоимость строительства и эксплуатации покрытий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазепова В. И. Влияние жидких хлоридов на скользкость дорожного покрытия / В.И. Мазепова, Л.М. Рудаков // Совершенствование организации и технологии ремонта и содержания автомобильных дорог. - 1979. – С. 122-126.
2. Лефельд К.Г. Зимнее содержание дорог / К.Г. Лефельд, Х. Бартц, П. Матц, Г. Нойман, Г. Шмидт, К. Верн. - М. : Транспорт, 1974. – С. 100-102.
3. Лысенко В.Е. Готовь сани летом / В.Е. Лысенко, С.В. Гриневич, В. Подольский // Автомобильные дороги. - 1997. - № 7. – С. 14-15.
4. Михайлов А.В. Об учете свойств материала дорожного покрытия в теплотехническом расчете формирования гололедных образований на его поверхности за счет конденсации из воздуха водяного пара. / А.В. Михайлов // Труды ГипродорНИИ. Вып. 32. Исследование свойств и эффективной области применения дорожно-строительных материалов. - 1981. – С. 76-78.
5. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Отраслевой дорожный методический документ. М. : ФГУП «Информавтодор», 2003. – 72 с.
6. Борьба с оледенением покрытий дорог в зимнее время: Экспресс-информация // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог. Зарубежный опыт, ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. - 1981. - № 2. – С. 61-65.
7. Performance of the ice retardant overlays/ Public works/ 1978, 118 № 7.
8. Заявка 38082500 ФРГ МКИ С 04 В 24/26, с 04В 26/26. Stra belag aus einem Asphaltmischgut mit einer eishemmenden Komponente / Vonk Heinz; Veba Ocl AG. № 38082500 заявл. 12.03.88; опубл. 21.09.89.
9. Способ приготовления композиции для устройства верхнего слоя дорожного покрытия / С.В. Гриневич, Л.Б. Каменецкий и В.Е. Лысенко. – № 93-00-9427/33 (008353).
10. Методические рекомендации по применению наполнителя «Грикол» в составах асфальтобетонных смесей для устройства покрытия с антигололедными свойствами / От-

раслевой дорожный методический документ. Росавтодор. – М.: ГП. Информавтодор. – 2002. – С. 12.

11. Пат. 2167118 Российская Федерация МПК С 04 В 26/26, С 08L 95/00, Е 01 С 7/18, 11/24. Битумоминеральная смесь / Соколов Б. Ф., Сулин Н. И., Князев В. А.; № 97118713/04; заявл. 11.11.97; опубл. 20.05.01. Бюл. № 14.

12. Tamann G. Chemische Reaktionen in Pulverformigen Gemengen zweier Kristallarten Z. Anorgan. Chem. 1925, № 149.

13. Ковалев Н.С. Снижение скользкости покрытий при зимнем содержании автомобильных дорог / Н.С. Ковалев, В.И. Ромасев, В.А. Князев // Материалы Международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение». Том 8. Технические науки. – Одесса, 2005. – С. 53-57.

14. Ковалев Н.С. Противогололедные битумоминеральные смеси для строительства автомобильных дорог / Н.С. Ковалев, В.И. Ромасев // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка наукових досліджень – 2005». Том 48. Будівництво та архітектура. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 26-29.

15. Ковалев Н.С. Влияние противогололедной добавки на прочность при сжатии при +20<sup>0</sup>С / Н.С. Ковалев, В.И. Ромасев // MATERIALY II MIEDZYNARODOWEJ NAUKOWE-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI «WYKSZTA CENIE I NAUKA BEZ GRANIC - 2005», Przemysl – Praha Nauka i studia – Publishing house Education and Science s. r. o, 2005, – s. 55-62.

16. Ромасев В.И. Новая противогололедная добавка в асфальтобетонные смеси / В.И. Ромасев, Н.С. Ковалев // Сборник материалов 5 Всероссийской научно-практической конференции «Состояние биосферы и здоровье людей». – Пенза, 2005. – С. 72-75.

17. Ромасев В.И. Асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог с противогололедными минеральными порошками / В.И. Ромасев, В.А. Князев, Н.С. Ковалев // MATERIALS OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC PRACTICAL CONFERENCE «THE SCIENCE: THEORY AND PRACTICE», Publishing House «Education and Science», Prague, 2005, – S. 21-27.

18. Ковалев Н.С. Исследование водонасыщения и водостойкости асфальтобетона с противогололедными добавками / Н.С. Ковалев, В.И. Ромасев // Научный вестник ВГАСУ, серия: Дорожно-транспортное строительство. – Вып. 5, 2007. – С. 117-127.

19. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия: стандарт. Введ. 2014-11-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 51 с.

20. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4): стандарт. Введ. 1995-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.

21. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3): стандарт. Введ. 1995-01-06. – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.

22. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия: стандарт. Введ. 1991.01.01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 10 с.

23. Руководство по подбору составов тяжелого бетона / НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 103 с.

24. Ковалев Н.С. Применение метода математического планирования экстремальных экспериментов для изучения свойств асфальтобетона / Н.С. Ковалев, С.И. Самодуров, Н.И. Сулин //Сб. Применение местных материалов и отходов промышленности в дорожном строительстве. – Вып. 2. Изд-во Воронежского университета, Воронеж, 1978. – С. 32 – 40.

25. Ковалев Н.С. Асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог с противогололедными компонентами / Н.С. Ковалев, В.И. Ромасев, В.А. Князев // Научный вестник ВГАСУ, серия: Дорожно-транспортное строительство. – Вып. 5, 2007. – С. 135-141.

26. ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органических смесей. Технические условия: стандарт. Введ. 2003.27.07. – М.: Госстрой, ФГУП ЦПП, 2004. – 33 с.

27. Словарь терминов и определений / А.Ю. Черемисинов, В.Д. Попело, О.П. Семенов, С.В. Ломакин, С.А. Макаренко, С.П. Бурлакин, И.П. Землянухин, А.А. Черемисинов, Н.С. Анненков, Е.В. Куликова, В.И. Ступин, М.В. Ванеева, В.С. Зуев, С.В. Саприн. – Воронеж : ВГАУ, 2014. – 212 с.

28. Черемисинов А.Ю. Динамика климата, водных балансов и ресурсов Центрального Черноземья : монография / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2013. – 314 с.

29. Попело А.В. Методический подход к формализации данных о свойствах (качестве) природных, природно-антропогенных, социальных систем объектов техносферы / А.В. Попело, В.Д. Попело, А.Ю. Черемисинов // Мелиорация, водоснабжение и геодезия : материалы межвузовской научно-практической конференции под редакцией А.Ю. Черемисинова. – Воронеж : ВГАУ, 2013. - С. 80-84.

**Kovalev N.S.**, Candidate of Technical Sciences, Professor

Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great

**Otarova E.N.**, Senior Lecturer

Military Educational and Scientific Center «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin»

## **ASPHALT CONCRETE COVERINGS WITH MODIFIED DEICING MINERAL POWDER**

The negative statistics of the environmental and economic problems arising at implementation of a surface treatment of snow ice formations on a paving has made actual a problem of creation of asphalt concrete coverings with deicing properties long ago. For the purpose of efficiency increase of a deicing additive without decrease in durability of a covering and reduction of corrosive attack to metal parts of motor transport and depreciation of mixes preparation it is offered to enter a deicing additive in the form of mineral powder received by a joint grinding of limestone, mix of chlorides and bitumen. New approach to receiving qualitative asphalt concrete mixes for a construction of roads and to receiving deicing asphalt concrete coverings is based on the theory of solid-phase reactions which are initiated by the mechanical influence leading to dispergating and interaction of solid-phase reagents. Laboratory researches of ice adhesion to a surface of the asphalt concrete covering made with use of the deicing modified mineral powder have been conducted. The mathematical model of strength when coupling ice with asphalt concrete is received depending on the content of chlorides in mineral powder, contents of mineral powder and bitumen. As a result of research it is established that use of the modified mineral powder reduces adhesion of ice to a surface of an asphalt concrete covering till 10-12 times. Positive results are received also at the device of a skilled site of a covering. Adhesion of ice at the test temperature - 7°C in 3-5 and more times is less, than on a covering from usual asphalt concrete. It allows to draw a conclusion on an opportunity of application of the offered additive on roads with any intensity of the movement. That will allow to lower significantly an environmental pressure on roadside vegetation, to reduce corrosive attack to the motor transport and a situation of a way, to reduce quantity of road accidents and cost of construction, operation of coverings.

Keywords: operation of roads in winter; asphalt concrete; modified mineral powder; adhesion of ice to an asphalt concrete surface.

**Косолапова А.В.**, к. б. н., доцент

Воронежский государственный педагогический университет

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЕГО ДЛИТЕЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

В условиях длительного стационарного опыта на выщелоченном чернозёме изучены особенности изменения агрохимических, физико-химических и биохимических свойств выщелоченного чернозёма Воронежской области при многолетнем возделывании кукурузы бессменно и в севообороте. В течение длительного периода сельскохозяйственного использования почвы отмечаются потери гумуса в почве. Наиболее интенсивно минерализационные процессы протекали на контроле без удобрений. Длительное применение удобрений несколько снизило темпы уменьшения содержания органического вещества в почве, но не предотвратило потерь гумуса в почве по сравнению с исходным до опытным его содержанием. Сохранению и воспроизводству органического вещества в почве способствовало возделывание кукурузы в севообороте. В результате длительного применения минеральных удобрений отмечалось увеличение гидролитической кислотности почвы и обеднение её обменными основаниями. Возделывание культуры в севообороте способствовало улучшению физико-химических свойств чернозема выщелоченного, особенно в варианте с навозом. Применение удобрений в течение 30 лет привело к обогащению почвы подвижным азотом и фосфором, но не предотвратило потерь калия по сравнению с исходным его содержанием. При длительном применении минеральных удобрений отмечалось увеличение протеазной активности почвы и некоторое ингибирование процесса уреоллиза, что обусловлено подкислением почвы в результате длительного применения физиологически кислых минеральных удобрений. Наиболее высокий уровень ферментативной активности почвы наблюдался при внесении навоза. При выращивании кукурузы в севообороте на всех вариантах опыта активность гидролитических ферментов была выше, чем в соответствующих вариантах бессменных посевов. Длительное применение удобрений способствовало увеличению урожая зерна кукурузы на 6,4 – 12 ц/га. Прибавка урожая за счет севооборота была в пределах 17 – 18,2 ц/га. Преимущество севооборота связано с созданием наиболее благоприятных свойств почвы по сравнению с монокультурой, о чём свидетельствует более высокий уровень ферментативной активности почвы на фоне улучшения её физико-химических свойств. Статистический анализ полученных данных доказывает возможность использования ферментных тестов для оценки степени изменения плодородия почвы под воздействием агроэкологических факторов.

Ключевые слова: плодородие почвы, агрохимические свойства, физико-химические показатели, ферментативная активность почвы.

Вопросы сохранения плодородия почвы в условиях интенсивного землепользования имеют особую актуальность и значимость. Наиболее объективную информацию об изменении почвенного плодородия можно получить в длительных стационарных опытах. В условиях Центрально-Чернозёмных областей вопросы влияния длительного применения удобрений на агрохимические и биологические свойства почвы остаются

недостаточно изученными. Это побудило нас исследовать изменение свойств чернозёма при длительном применении удобрений.

Изучение свойств почвы проводили в условиях стационарного опыта Воронежской опытной станции в Хохольском районе, который был заложен в 1967 году.

Почва опыта - чернозём выщелоченный малогумусный среднемогучий тяжело-суглинистый на лёссе. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составляет 5%, общего азота – 0,27%, рНк<sub>с1</sub> - 5,2, Нг - 4,8 мг-экв/100 г почвы, S- 27,7 мг-экв/100 г почвы, Т - 32,3 мг-экв/100 г почвы, V – 85%. Степень обеспеченности почвы для зерновых культур по азоту и фосфору - слабая, по калию - высокая. Для исследования были взяты следующие варианты опыта: 1 - без удобрений, 7 - 14 т/га полуперепревшего навоза ( $\approx$ N60P15K77), 9 - N60P60K60. Удобрения вносили ежегодно осенью. Изучалась эффективность применения удобрений под бессменными посевами кукурузы и в севообороте. Чередование культур в севообороте было следующим: викоовсяная смесь на сено, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, озимая пшеница, кукуруза на зерно, викоовсяная смесь на сено, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень. В стационарных исследованиях изучалось влияние аммиачной селитры, гранулированного суперфосфата, 40% калийной соли.

Исследовали смешанный образец почвы из семи точек в пахотном и подпахотном слоях. Анализы почвы проводились в трехкратной повторности в воздушно-сухих пробах. В работе использованы следующие методы анализа: валовой гумус определяли методом Тюрина, общий азот - методом Кьельдаля, обменные кальций и магний - трилонометрически, обменный аммоний - с реактивом Несслера, нитраты - дисульфидным методом, щёлочногидролизующий азот - методом Корнфилда, подвижный фосфор и обменный калий - по Чирикову [1].

Определение активности уреазы. проводили по методу Щербакова и Райхинштейна (1987), протеазы - методом Галстяна в модификации Хазиева (1976); «дыхание» почвы определяли газохроматографически по методу Харди (1973) [3, 12]. Результаты опытов обработаны методом дисперсионного анализа.

Для оценки связи между отдельными показателями проводили корреляционный анализ и составляли корреляционную матрицу, по алгоритму "максимального корреляционного пути" строили дендрит их взаимосвязи. При тесной связи ( $R > 0,70$ ) рассматривали возможность линейной регрессии.

Содержание органического вещества является важнейшим показателем потенциального плодородия почвы и находится в тесной зависимости от применяемой системы удобрения. В течение длительного периода сельскохозяйственного использования выщелоченного чернозема отмечаются потери гумуса в почве. Наиболее интенсивно минерализационные процессы протекали на контроле без удобрений, где содержание гумуса в пахотном слое почвы уменьшилось на 0,29 % абсолютной величины, что составило 5,4% по сравнению с исходным (табл.1). Длительное применение удобрений несколько снизило темпы уменьшения содержания органического вещества в почве, но не предотвратило потерь гумуса в почве по сравнению с исходным до опытным его содержанием. Процессы дегумификации активно протекали в условиях бессменного возделывания культуры. Наряду с этим отмечалось уменьшение содержания общего азота в почве на 9 – 29 %. Сохранению и воспроизводству органического вещества в почве способствовало возделывание кукурузы в севообороте. Содержание общего азота в пахотном слое почвы возросло на 0,06 – 0,07 % абсолютной величины по сравнению с монокультурой и на 0,03 – 0,04 % по сравнению с неудобренным контролем.

Показатели, характеризующие состояние почвенно-поглощающего комплекса, заметно изменялись при бессменном возделывании культуры в варианте с минеральными удобрениями: возрастала гидролитическая кислотность (Нг), уменьшались значе-

ния рН солевой вытяжки, сумма поглощённых оснований (S) и степень насыщенности основаниями (V) [4, 8]. Варьирование этих показателей по вариантам опыта, в основном, связано с содержанием разных форм азота и не зависело от фосфорного и калийного режима почвы (рис.). Сумма обменных оснований обусловлена содержанием ионов аммония. Достаточно тесной была связь рН солевой вытяжки с Нг и V.

Таблица 1 - Влияние длительного применения удобрений на содержание органического вещества и состояние почвенно-поглощающего комплекса выщелоченного чернозема

Варианты опыта	Слой, см	Гумус		Общий азот		Ca <sup>2+</sup>		S		Нг		Т		V	
		%						мг-экв/100 г почвы				%			
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
До опыта	0-20	5,50		0,24											
	20-40	5,49		0,24											
Без удобрений	0-20	5,21	5,20	0,18	0,24	25,1	29,0	29,2	35,4	6,2	6,4	35,4	41,8	82	85
	20-40	4,71	4,88	0,21	0,24	25,2	29,5	29,1	34,6	4,9	5,1	34,0	39,7	86	87
14 т/га навоза	0-20	5,29	5,30	0,22	0,28	25,4	31,2	30,0	37,0	5,6	5,8	35,6	42,8	84	86
	20-40	4,78	4,90	0,20	0,25	25,1	30,3	29,9	35,0	4,6	4,7	35,5	39,7	84	88
N60P60K60	0-20	5,33	5,30	0,20	0,27	25,0	29,3	29,1	36,6	7,2	7,3	36,3	43,9	80	83
	20-40	5,02	5,03	0,19	0,24	25,1	29,2	29,1	34,8	5,3	5,6	34,4	40,4	85	86

1 - бессменно                      2 - в севообороте

Возделывание культуры в севообороте способствовало улучшению физико-химических свойств чернозема выщелоченного, особенно в варианте с навозом.

Содержание в почве мобильных форм элементов питания определяет уровень её эффективного плодородия [9, 14, 15]. Интенсивное сельскохозяйственное использование чернозема без удобрений привело к заметному обеднению его фосфором и калием (таблица 2). Применение удобрений в течение 30 лет способствовало обогащению почвы подвижным фосфором, но не предотвратило потерь калия по сравнению с исходным его содержанием. Наибольшее содержание доступного для растений фосфора отмечалось в варианте с минеральными удобрениями. Наличие тесной корреляционной связи подвижного фосфора с урожаем зерна кукурузы (R=0,90) объясняет уменьшение запасов этого элемента в варианте с навозом при выращивании кукурузы в севообороте.

Подвижные формы азота в почве, несмотря на их невысокое содержание (1 – 3%), являются источником азотного питания растений [11, 13].

Содержание в почве нитратов и азота щёлочногидролизуемой фракции находится в зависимости от содержания в ней органического вещества, интенсивности биохимических процессов, способа возделывания культуры и определяется дозами и видами вносимых удобрений.

При бессменном возделывании кукурузы высокое содержание азота щёлочногидролизуемой фракции и нитратов отмечалось на удобренном фоне. Поступление с навозом органического субстрата способствовало усилению нитрификационной способности почвы и, как следствие, накоплению нитратов [5]. Выявлена тесная корреляционная зависимость активности нитрификации с содержанием нитратного азота (R=0,70).

Существенных изменений в содержании щёлочногидролизуемого азота в почве при возделывании кукурузы в севообороте не выявлено. Наметилась тенденция к его снижению за счёт активного протекания процесса нитрификации.

Таблица 2 - Влияние длительного применения удобрений на пищевой режим почвы и урожай зерна кукурузы

Варианты опыта	Слой, см	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		N-NO <sub>3</sub>		Щёлочно-гидролизуемый азот		Урожай *	
		мг/кг								ц/га	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
До опыта	0-20	45		230							
	20-40	42		250							
Без удобрений	0-20	45	29	99	85	3,3	7,3	147	156	23,4	40,2
	20-40	43	24	93	76	2,6	6,7	136	147		
14 т/га навоза	0-20	61	50	161	128	5,2	9,4	154	152	29,6	46,6
	20-40	58	39	143	128	4,0	7,0	143	148		
N60P60K60	0-20	79	64	160	125	8,5	8,1	157	150	34,0	52,2
	20-40	57	48	140	117	7,3	7,5	147	137		

1 - бессменно                      2 - в севообороте

\* Данные Воронежской опытной станции НПО по кукурузе «Днепр»

Начальный этап мобилизации азотсодержащих органических веществ осуществляется протеолитическими ферментами. В превращении низкомолекулярных азотсодержащих веществ важную роль играют амидазы, в том числе и уреазы, отличающаяся строгой специфичностью действия: она гидролизует только мочевину [2, 10, 12].

При длительном применении минеральных удобрений отмечалось увеличение протеазной активности почвы на 21-27 % в среднем за вегетационный период по сравнению с контролем без удобрений и некоторое ингибирование процесса уреолитиза, что обусловлено подкислением почвы в результате длительного применения физиологически кислых минеральных удобрений. Обнаружена тесная прямолинейная связь уреазной активности почвы с величиной pH при R=0,92. Наиболее высокий уровень ферментативной активности почвы наблюдался при внесении навоза. При этом протеазная активность возросла в среднем на 40 %, а уреазная активность в среднем на 13 % по сравнению с неудобренным контролем. При выращивании кукурузы в севообороте на всех вариантах опыта активность гидролитических ферментов была выше, чем в соответствующих вариантах бессменных посевов (таблица 3).

Важнейшим микробиологическим процессом, завершающим трансформацию азотсодержащих органических соединений, является нитрификация.

Длительное ежегодное внесение навоза способствовало усилению нитрификационной способности почвы, что связано с повышением её общей биогенности в результате поступления с навозом энергетического материала для деятельности микроорганизмов. Существенных изменений в активности нитрификационного процесса при внесении минеральных удобрений не отмечалось. Темпы минерализации вещества, устанавливаемые по нитрификационной способности почвы, были выше в бессменных посевах кукурузы.

Интегральным показателем биологической активности почвы является интенсивность продуцирования углекислоты [3]. Наиболее активно «дыхание» почвы протекало в варианте с навозом в условиях монокультуры, что способствовало уменьшению запасов органического вещества в почве.

Длительное применение удобрений способствовало увеличению урожая зерна кукурузы на 6,4 – 12 ц/га. Установлена тесная корреляционная зависимость между урожаем зерна кукурузы и обеспеченностью почвы подвижными соединениями азота и фосфора с R=0,90 – 0,97. Связь урожайности культуры с содержанием в почве общего

азота была средней силы ( $R=0,68$ ). Прибавка урожая за счет севооборота была в пределах 17 – 18,2 ц/га. Преимущество севооборота связано с созданием наиболее благоприятных свойств почвы по сравнению с монокультурой, о чём свидетельствует более высокий уровень ферментативной активности почвы на фоне улучшения её физико-химических свойств.

Таблица 3 - Влияние длительного применения удобрений на биологическую активность выщелоченного чернозема

Варианты опыта	Слой, см	Нитрификация		Протеаза, мг тирозина		Уреаза, мг $\text{NH}_3$		Дыхание, мкл $\text{CO}_2$	
		мг-экв/1 г почвы							
		1	2	1	2	1	2	1	2
До опыта	0-20								
	20-40								
Без удобрений	0-20	21,1	17,6	0,16	0,19	0,38	0,39	17,5	17,0
	20-40	10,3	13,7	0,11	0,15	0,35	0,38	14,0	13,8
14 т/га навоза	0-20	23,6	19,9	0,22	0,26	0,41	0,44	17,2	16,8
	20-40	15,1	13,7	0,17	0,16	0,36	0,41	15,5	14,1
N60P60K60	0-20	21,7	17,8	0,20	0,23	0,37	0,36	20,9	14,5
	20-40	14,9	14,2	0,13	0,15	0,30	0,36	16,5	12,2

1 - бессменно      2 - в севообороте

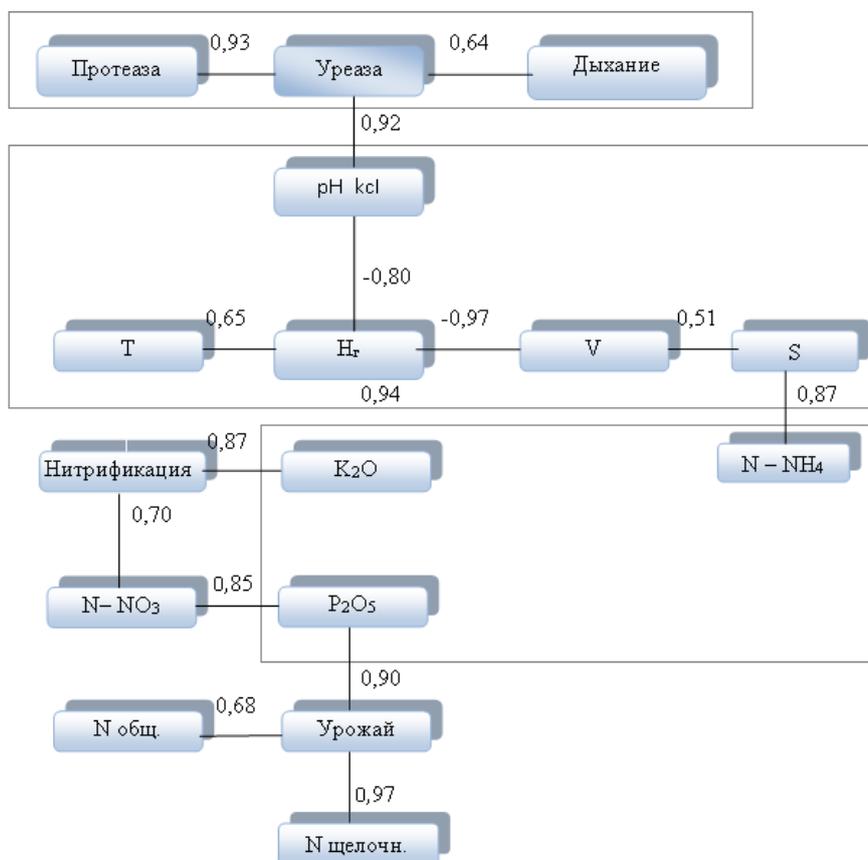


Рисунок. Дендрит корреляционных отношений агрохимических и биологических показателей плодородия выщелоченного чернозёма при возделывании кукурузы на зерно (посев). Цифры - значения коэффициентов корреляции (R). При  $n=36$  и  $P \leq 0,05$  значения R достоверны с 0, 33.

Механизм влияния удобрений и способа возделывания культуры на агрохимические, физико – химические свойства почвы и её ферментативную активность удобно рассмотреть путём сравнения их корреляционных соотношений. Применение метода корреляционных плеяд позволяет выявить взаимосвязь признаков даже при небольших изменениях их под влиянием тех или иных факторов. В нашем опыте, в котором изменения показателей по вариантам невелики и редко позволяют отвергнуть нулевую гипотезу, применение этого метода даёт возможность увеличить количество информации [5].

Изображенный на рисунке дендрит иллюстрирует взаимосвязь различных показателей для пахотного слоя выщелоченного чернозёма. Их совокупность распадается на корреляционные плеяды ферментативной активности почвы, показателей состояния почвенно-поглощающего комплекса, включая изменение кислотности, плеяды фосфорного и калийного обмена, мощную плеяду азотного обмена и урожайности зерна культуры, обусловленную, в свою очередь, разными видами и дозами удобрений.

Таким образом, длительное интенсивное сельскохозяйственное использование выщелоченного чернозёма Воронежской области приводит к уменьшению запасов в почве органического вещества. Ежегодное применение минеральных (N60P60K60) и органических удобрений (14 т /га навоза) при возделывании культуры в севообороте приостановило процессы деградации почвы, способствовало улучшению её физико-химических свойств, главным образом, за счёт насыщения почвенно-поглощающего комплекса обменными основаниями, создавая тем самым благоприятный фон для протекания биохимических процессов и увеличения урожайности культуры.

Статистический анализ полученных данных доказывает возможность использования ферментных тестов для оценки степени изменения плодородия почвы под воздействием агроэкологических факторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганжара Н.Ф. Практикум по почвоведению / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков. - М. : Агроконсалт, 2002. – 280 с.
2. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых её показателей / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. - № 6. – С. 48 – 54.
3. Казеев К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вильков. – Ростов н/д : Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
4. Корнейко Н.И. Мониторинг кислотности пахотных почв в Белгородской области / Н.И. Корнейко // Успехи современного естествознания. – 2013. - № 9. – С. 152-155.
5. Косолапова А.В. Разработка биодиагностических показателей уровня загрязнения городских почв / А.В. Косолапова // Географические науки и образование. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет». - 2015. – С. 237 – 240.
6. Косолапова А.В. Влияние дефеката на плодородие выщелоченного чернозёма Воронежской области / А.В. Косолапова // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2015. – № 1. - С. 88 - 92.
7. Кочетов И.С. Экологические аспекты использования средств химизации в эрозивно-опасных ландшафтах / И.С. Кочетов, С.В. Лукин, С.И. Тютюнов // Агрохимический вестник. – 2000. - № 2. – С. 15-18.
8. Лукин С.В. Изменение кислотности почв Белгородской области в процессе сельскохозяйственного использования / С.В. Лукин, П.М. Авраменко // Агрохимия. – 2006. - № 12. – С. 11-15.
9. Минеев В.Г. Влияние длительного применения удобрений и известкования на биологические свойства почвы / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, Е.В. Морачевская // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. - № 2. – С. 3–9.

10. Муха В.Д. Естественно – антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности) / В.Д. Муха. – М. : Колос, 2004. – С. 92 – 101.
11. Петербургский А.В. Ведущая роль азота в повышении урожаев / А.В. Петербургский // Химизация сельского хозяйства. – 1988. - № 2. – С. 26 -28.
12. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. - М. : Наука, 2005. – 252 с.
13. Черемисинов А.Ю. Рекультивация нарушенных земель : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, О.Г. Ревенков, С.П. Бурлаков. – Москва : ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2000. – 80 с.
14. Григоров М.С. Режимы мелиоративных агросистем / М.С. Григоров, А.Ю. Черемисинов // Мелиорация и водное хозяйство. - 1993. - № 1. - С. 33-34.
15. Черемисинов А.А. Экологическая устойчивость орошаемой системы / А.А. Черемисинов, А.Ю. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж : ВГЛТА, 2014. - Т. 2. - № 3-4 (8-4). - С. 494-498.

**Kosolapova A.V.**, Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor  
Voronezh State Pedagogical University

### **CHANGED FERTILITY OF LEACHED BLACK EARTH SOIL IN TERMS OF ITS LONG AGRICULTURAL USE**

In the context of long-term stationary conditions the change of agrochemical, physico-chemical and bio-chemical properties of leached black earth soil in the Voronezh region have been studied in the long-term cultivation of maize in the rotation and at a stretch. As a result, a long-term period of agricultural use of this type of soil leads to the loss of humus in the soil. The most intensive mineralization processes took place without fertilizers. Long-term use of fertilizers somewhat reduced the pace of reducing the content of organic matter in the soil but did not prevent the loss of humus in the soil compared to its initial contents. The cultivation of maize in the rotation contributed to conservation and restoration of organic matter in the soil. As a result of prolonged use of mineral fertilizers was an increase in hydrolytic acidity of the soil and the impoverishment of its exchangeable bases. The maize cultivation in the rotation contributed to the improvement of physical and chemical properties of leached black earth soil, especially in option with manure. The use of fertilizers for 30 years has led to the enrichment of the soil with mobile nitrogen and phosphorus, but did not prevent the loss of potassium compared to its initial contents. With prolonged use of mineral fertilizers was revealed an increase in the protease activity of the soil, and some inhibiting ureoliza process due to acidification of the soil as a result of prolonged use of physiologically acid fertilizers. The highest level of enzyme activity was observed at manure introduction. At cultivation of corn in a crop rotation on all options of experience the activity of hydrolytic enzymes was higher than in the corresponding options of permanent crops. A long-term use of fertilizers promoted an increase in maize yield by 6.4 - 12 c / ha. The yield increase due to a crop rotation was within 17 - 18.2 c / ha. The advantage of a crop rotation is connected with creation of optimum properties of the soil in comparison with a monoculture which is evidenced by a higher level of enzymatic activity of the soil against improvement of its physical and chemical properties. The statistical analysis of the obtained data proves a possibility of the use of fermental tests to estimate the degree of soil fertility changes under the influence of agro-ecological factors.

Keywords: Fertility of the soil, agrochemical properties, physical and chemical indicators, enzymatic activity of the soil.

**Полякова Н.В.**, к. с-х н., доцент

Воронежский государственный педагогический университет

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ УРБОФИТОЦЕНОЗОВ ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ ГОРОДА ВОРОНЕЖА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК**

Понятие урбофитоценоз подразумевает элементарный участок растительности, относительно однородный по внешнему облику, видовому составу, строению и структуре, с относительно одинаковой системой взаимоотношений между популяциями видов растений и средой обитания.

Сравнительный подход к определению состояния урбофитоценозов пригородных лесов г. Воронежа основывается на анализе современного экологического состояния пригородных лесных и лесопарковых экосистем, и сравнении их с «эталонными», расположенными вне зоны влияния антропогенных нагрузок или с их минимальным воздействием.

Предлагаемый в исследовании подход основывается на анализе дигрессионных изменений фитоценозов, имеющих в своей основе, как антропогенное вмешательство, так и действие естественных экологических факторов.

Целью данных исследований, является оценка степени дигрессии этих сообществ, прогнозирование экологических рисков, связанных с дигрессией.

В задачи исследования входило проведение комплексной оценки изменения состояния урбофитоценозов пригородных лесов г. Воронежа под воздействием рекреационных нагрузок, выявление стадий и причин рекреационной дигрессии.

Оценка степени рекреационной нагрузки на пригородные лесные сообщества проводилась на участках со сходными условиями произрастания, почвами, породным составом и возрастом насаждений, но различными по интенсивности антропогенной нагрузки.

По результатам исследований установлено большее количество эуценных видов и более богатое видовое разнообразие в дубраве, по сравнению с сосновыми насаждениями, что показывает большую устойчивость данной ассоциации к антропогенным нагрузкам. Однако зарегистрированы виды, не характерные для данной ассоциации (рудеральные). Дорожно-тропиночная сеть занимает 20 - 30 % исследуемой территории, а в отдельных местах - около 50 %. С увеличением рекреационной нагрузки выпадают из травостоя лесные виды, происходит уменьшение их проективного покрытия, отмечено внедрение луговых и сорных видов, что соответствует 3 и 4 стадиям рекреационной дигрессии данного сообщества.

Ключевые слова: фитоценоз, урбофитоценоз, лесопарк, пригородные леса, анализ дигрессионных изменений фитоценозов, рекреационная нагрузка.

На современном этапе развития такого крупного промышленного центра, как Воронеж, важно полное использование полезных свойств зеленых насаждений, а в особенности - «зеленого кольца» города, выполняющего роль экологического каркаса; поддержание и сохранение его устойчивости и долговечности.

Актуальность работы определяется необходимостью проведения комплексной оценки изменения состояния урбофитоценозов пригородных лесов города Воронежа

под воздействием рекреационных нагрузок с целью выявления стадий рекреационной дигрессии и ее причин.

Пригородные лесные массивы являются основными элементами природного комплекса города, где восстановление основных компонентов окружающей среды, поддерживает экологическое равновесие территории. Но, к сожалению, с каждым годом пригородные леса все больше страдают от стихийного рекреационного прессинга. Рекреационное воздействие является одним из основных факторов изменения состояния пригородных лесов, приводящих к смене одного сообщества другим в результате действия внешних и внутренних факторов [6, 7]. В результате рекреационной нагрузки происходит уплотнение почвы, нарушение растительного покрова, местами полное его исчезновение. Стоит также отметить влияние розжига костров, которое нередко приводит к лесным пожарам. С ростом рекреационной нагрузки увеличивается площадь дорог и тропинок, становится больше полян, лес приобретает парковый вид. Наблюдающееся изменение мозаичности сообществ обусловлено не столько сочетанием природных факторов, сколько различной интенсивностью рекреационного воздействия.

Для оценки степени рекреационной нагрузки на пригородные лесные сообщества г. Воронежа исследования проводились на участке, расположенном на северо-западной окраине города, находящемся за окружной дорогой (ул. Антонова-Овсеенко) и авторынком, и простирающемся до пос. Подклетное. В качестве «нетронутого» участка для сравнения был взят участок леса в с. Нелжа, Рамонского района, в непосредственной близости с Воронежским биосферным заповедником. Эти полигоны обладают сходными условиями произрастания, почвами, породным составом и возрастом насаждений, разница лишь в интенсивности антропогенной нагрузки.

Для общей характеристики фитоценозов и подбора мест закладки пробных площадей было проведено рекогносцировочное обследование маршрутным методом, с учетом лесорастительных условий. Было заложено 20 пробных площадей (по 10, в разных по степени интенсивности антропогенной нагрузки) размером 10×10 м, с полным описанием и определением всех видов растений от древостоя до живого напочвенного покрова. При этом ставились следующие задачи: 1) установить зависимость структуры растительных сообществ от степени рекреационных нагрузок; 2) провести анализ изменений видового состава растений в результате рекреационного воздействия.

Для отдыха в наибольшей степени привлекают леса и водоемы. Такое сочетание наблюдается в районе с. Подклетное – смешанный лес и озеро. Это место находится так же в непосредственной близости к жилым кварталам, и в выходные дни испытывает высокую рекреационную нагрузку. В будни нагрузка меньше, так как лесной массив используется для транзитных прогулок и пробежек к озеру и обратно. Особенно возрастает нагрузка на экосистемы при неорганизованном культурном отдыхе в праздничные дни – розжиг костров (на берегу озера – до 3-х кострищ на 10 кв. м), сильное замусоривание, вытаптывание и выбивание площадей, уничтожение растительности.

Рекреационная нагрузка тем выше, чем больше плотность населения и чем меньше естественных экосистем, привлекательных для отдыха. За последние годы произошли негативные изменения в структуре древостоя на участке хвойных и смешанных лесов, расположенном на северо-западной окраине города. В частности - частично сведены насаждения сосны обыкновенной за окружной дорогой (ул. Антонова-Овсеенко) и авторынком (ГСК «Полюс»), на их месте идёт добыча песка. В отработанный карьер сгружается мусор, причём часть его остаётся в окружающих лесопосадках. Негативное воздействие на лесную растительность усугубляется рекреацией.

Исследования проводились в течение вегетационного периода, с 2012 по 2015 год, на участках соснового и широколиственного леса. На исследуемой территории закладывались учётные площадки размером 10 на 10 метров, через промежутки 10, 20,

50, 100, 500 метров от края леса. Изучался состав доминирующих видов древостоя и рассматривались эколого-ценотические группы растений, а также типы воздействия рекреационных нагрузок.

Всего на участках лесов северо-западной окраины города Воронежа было отмечено 34 вида растений. Эти виды подразделяются на эуценные, то есть характерные; тахоценные, то есть предпочитающие; ксеноценные, то есть чуждые. Больше всего было отмечено эуценных видов, - в дубраве это: клён остролистный, липа сердцевидная, лещина обыкновенная, сныть обыкновенная, осока волосистая, страусник обыкновенный, копытень европейский, медуница неясная, черёмуха обыкновенная. В сосняке только 3 эуценных вида, такие как: бересклет бородавчатый, земляника обыкновенная, герань лесная. Большое количество эуценных видов показывает, что в дубраве более устойчивая ассоциация, и более богато видовое разнообразие. Но есть виды, которые не характерны для данной ассоциации (рудеральные), а некоторые характерны, но редко встречаются: такие как, колокольчик персиколистный, вороний глаз.

К рудеральным видам отнесли 3 вида растений, такие как: малина обыкновенная, гравилат городской и крапива двудомная. Причем, заносные виды встречаются и на «эталонных участках». Особенно часто они встречаются в 10 м от края леса.

Рассмотрим количество видов по ярусам. В дубраве древостой, подрост и травостой разнообразнее, чем в сосняке, а именно в дубраве древостая - 7 видов, подрост - 4, травостая - 22, а в сосняке древостая - 4 вида, подрост - 2, травостая - 18. И подлесок в дубраве богаче, чем в сосняке.

Рассматривая количество мусора на участке дубравы в зависимости расстояния от дороги, отмечено, что преобладают пластик и бумага, пачки от сигарет, пробки от бутылок, стеклянные и пластиковые бутылки, аэрозольные упаковки. В 20 м от дороги: полиэтилен, бутылки, консервные банки, упаковки от чипсов. В 50 м от дороги: полиэтилен, кирпичи, упаковки от чипсов. В 100 м от дороги: упаковки от мороженого и лекарств, фанера. В 500 м от дороги: полиэтилен и пластмассовые изделия. Одинаковое количество мусора на последних 4 участках объясняется тем, что люди, приходящие в лес на пикник, мало заботятся об уборке мусора за собой, а приходя в лес снова, и не желая отдыхать на загрязнённых участках, уходят глубже в лес. Тем самым, загрязняя его. Вследствие такого загрязнения исчезли многие виды животных и птиц, обитавшие здесь ранее. Такие как: лисы, зайцы, белки. Меньше стало певчих птиц, увеличилось количество ворон и сорок, появилось много бездомных собак. Исчезли многие виды растений и грибов, меньше стало муравейников. В последние годы рекреационная нагрузка сильно возросла в связи с широким распространением личного автотранспорта. Нашествие горожан на леса и реки принимает угрожающие размеры. В результате исследований установлено возрастание выбитых площадей по сравнению с 2012 годом увеличилось в 1,5 раза. Количество кострищ, особенно на берегу водоёма в 2 раза.

Основной схемой учета рекреационной нагрузки на лесные экосистемы является регистрация последовательных этапов разрушения растительности от совершенно здорового древостая с подростом и подлеском до полной гибели древесного яруса и отсутствия напочвенного покрова. Стадии дигрессии лучше и быстрее всего оцениваются в поле путем определения процента деградированных участков или площади, занимаемой дорогами и тропами (дорожно-тропиночной сетью).

Для определения стадий рекреационной дигрессии (РД) травянистого яруса лесопарковых сообществ, на основании литературных данных, опираясь на градации, показатели норм допустимых изменений и критерии состояния растительности, предлагаемые другими авторами [1], и результаты собственных исследований [3], использовали следующие критерии, обладающие линейной зависимостью от степени РД:

- 1) вертикальная структура (с развитием РД заметно упрощается)

- 2) соотношение ценоципов (с развитием РД увеличивается число опушечных и сорных видов, при этом число лесных видов убывает);
- 3) развитие тропинойной сети (возрастает с увеличением РД);
- 4) замусоренность территории (возрастает с увеличением РД).

Следует отметить, что проективное покрытие травянистого яруса не имеет чёткой линейной зависимости от степени РД и может значительно возрастет на средних стадиях и снижаться на начальных и последних стадиях РД. То же можно заметить по поводу замусоренности территорий, так как она может варьировать не только на различных стадиях РД, но и в течение вегетационного периода.

Таким образом, выделили 5 стадий рекреационной дигрессии (Полякова, 2004):

I стадия - флористический состав первоначальный, характерный для исходного ПК. Рудеральных видов нет, или они незначительны. Проективное покрытие 50 - 70% (первоначальное, характерное для исходного ПК). Растения не повреждены, тропинойная сеть не выражена, территория не замусорена.

II стадия - флористический состав изменен на 5 - 10%, выпадают наименее устойчивые виды, возрастает роль дерновинных злаков. Количество рудеральных видов 5 - 10%. Проективное покрытие 50%. Поврежденность растений менее 10%, тропинойная сеть - 0 - 5%. Замусоренность территории менее 10%.

III стадия - флористический состав изменен на 10 - 20%, происходит смена эдификаторов, внедрение луговых и синантропных видов. Количество рудеральных видов 10 - 20% (иногда выше, в зависимости от растительной ассоциации). Проективное покрытие 80 - 90% (увеличение за счет разрастания дерновинных злаков). Поврежденность растений 10-30%, тропинойная сеть 10-15%. Замусоренность территории 10-35%.

IV стадия - флористический состав изменен на 50%, разнотравный сбой: явное преобладание однолетних растений розеточной формы и дерновинных злаков. Количество рудеральных видов 50% (иногда вдвое превышает число опушечных и луговых). Проективное покрытие 40% (неравномерное, высока мозаичность). Тропинойная сеть 15 - 20%. Поврежденность растений 30 - 60%. Замусоренность территории 35 - 70%.

V стадия - флористический состав изменен полностью, небольшое количество видов. Преобладают рудеральные виды - более 50%. Проективное покрытие менее 10%. Поврежденность растений более 60%. Тропинойная сеть более 50%. Замусоренность территории более 70%. Важнейшим признаком при оценке стадии РД является соотношение лесных, луговых и сорных видов [2, 4, 5].

Таким образом, исследуемые участки заняты однотипными растительными ассоциациями, но видовой состав на участках с меньшей интенсивностью рекреационных нагрузок - богаче, и больше эуценных видов. Дорожно-тропинойная сеть занимает 20 - 30 %, а в отдельных местах - около 50 %, с увеличением рекреационной нагрузки происходит исчезновение лесных видов, уменьшение их проективного покрытия, идет внедрение луговых и сорных видов, что соответствует 3 и 4 стадиям рекреационной дигрессии. Для оптимизации современного состояния урбофитоценозов пригородных лесов северо-западной окраины города Воронежа необходимо организовать многолетний мониторинг лесных экосистем на основе имеющейся научной базы, обеспечить действенную охрану лесов от несанкционированных свалок, провести очистку территории от мусора, обустроить дорожно-тропинойную сеть и места для костровищ, регулировать поток рекреантов и транспортных средств, а также организовать экологическое просвещение населения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казанская Н.С. Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования) / Н.С. Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин. - М. : Лесн. пром-сть, 1977. - 96 с.

2. Карписонова Р.А. Дубравы лесопарковой зоны Подмосквья / Р.А. Карписонова. - М. : Наука, 1967. - 104 с.
3. Полякова Н.В. Антропогенная нагрузка на фитоценозы в агроэкосистемах пригородной зоны : дис. ... канд. с.-х. наук / Н.В. Полякова. – Воронеж, 2004. - 210 с.
4. Черемисинов А.Ю. Агролесомелиорация : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, А.С. Спахова. – Воронеж : ВГАУ, 2004. – 176 с.
5. Черемисинов А.Ю. Рекультивация нарушенных земель : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, О.Г. Ревенков, С.П. Бурлаков. – Москва : ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2000. – 80 с.
6. Черемисинов А.Ю. Физическая география : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, О.П. Семенов, С.В. Хруцкий, В.А. Мукосеев. - Воронеж, 2011. - 113 с.
7. Черемисинов А.Ю. Роль рекреационных ландшафтов в развитии техносферы : монография / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2014. - 312 с.

**Polyakova N.V.**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor  
Voronezh State Pedagogical University

#### **A COMPARATIVE ANALYSIS OF STATE CHANGES ORBITONASAL SUBURBAN FORESTS OF THE NORTH-WESTERN OUTSKIRTS OF THE CITY OF VORONEZH UNDER THE INFLUENCE OF RECREATIONAL LOADS**

The concept implies arboviroses the basic plot of vegetation, relatively homogeneous in appearance, species composition, Constitution and structure, with respect to the same relationship between populations of plant species and habitat.

A comparative approach to determine the state of orbitonasal suburban forests of Voronezh is based on the analysis of the current ecological status of forest and suburban forest ecosystems, and compare them to the reference located outside the influence of anthropogenic pressures or minimize their impact.

In the proposed research approach is based on the analysis of the digressive changes in the plant communities, based on how the anthropogenic interference and natural environmental factors.

The goal of this research is to assess the degree of digression of these communities, prediction of environmental risks associated with the digression.

The objectives of the study included a comprehensive assessment of changes in the state of orbitonasal suburban forests of the city of Voronezh under the influence of recreational loads, identifying the stages of recreational digression and its causes.

Assessment of the degree of recreational load on forest suburban community were the sites with similar growing conditions, soils, species composition and stand age, but different intensity of anthropogenic load.

According to the results of the research showed a greater number auzenne species and a richer species diversity in the oak forest compared to pine plantations, which indicates greater stability of the association to anthropogenic loads. However, the registered species are not typical for this Association (ruderal). Road and path network is a 20 - 30 % of the study area, and in some places - about 50 %. With the increase of recreational load drop out of herbage forest species decreases their percent cover, marked the introduction of meadow and weed species, which corresponds to 3 and 4 to the stages of recreational digression of this community.

Keywords: phytocenosis, arboviroses, forest, suburban forest, the analysis of the digressive changes in the plant communities, recreational load.

**Казарцева С.Н.**, к. с-х н., старший преподаватель  
Воронежский государственный педагогический университет

### **АВИФАУНА НА ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ ПОЛЯХ ПРИ ЭКОЛОГО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КАНТЕМИРОВСКОМ РАЙОНЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Решение проблемы деградации агроландшафтов и экологического кризиса ученые всех стран мира видят в необходимости изменения способов ведения земледелия. Концепция *sustainable agriculture* базируется на усилении экологических принципов, обеспечивающих устойчивость и увеличения биоразнообразия агроландшафтов. В степной природной зоне (юг Воронежской области, Кантемировский район) с 1975 г. работает модель эколого-ландшафтного земледелия, основанная на создании саморегулирующихся и самовоспроизводящих систем, включающих лесные полосы, кустарниковые кулисы. Орнитологические исследования проведены в гнездовой период (2003 и 2015 гг.). На полях с посевами *Triticum sp.* между кулисами из *Ribes aureum* Pursh и *Ulmus glabra* Huds, кроме *Alauda arvensis* и *Coturnix coturnix*, как характерных обитателей полей с *Triticum sp.* данной природной зоны, гнездятся *Sylvia communis* и *Lanius collurio*. Поля с посевами *Medicago falcate* L. между кулисами *Lonicera sp.*, *Ulmus glabra* Huds. и *Populus sp.* привлекают *Sylvia borin*, *Anthus trivialis*, *Saxicola rubetra*, *Alauda arvensis*, *Coturnix coturnix*, *Motacilla flava*, *Emberiza citrinella*, *Sylvia nisoria*, *Perdix perdix*, *Oriolus oriolus* и *Cuculus canorus*. Наличие при эколого-ландшафтной системе земледелия большего разнообразия местообитаний, их мозаичность способствует привлечению орнитофауны. А это обеспечивает охрану посевов, поскольку птицы, особенно в гнездовой период, проявляются естественным (биологическим) фактором, ограничивающим численность вредителей, что позволяет лимитировать применение химических средств защиты.

Ключевые слова: эколого-ландшафтное земледелие, авифауна, формирование.

Сложившиеся в мире противоречия во взаимодействии между обществом и природой выражаются в отрицательном влиянии современной сельскохозяйственной деятельности на плодородие почв, растительном, животном мире и на здоровье человека. Все это вызывает рост опасений во многих странах. Подобная ситуация приводит к необходимости создания равновесия в природопользовании. Нужны устойчивые, стабильные и способные к самовоспроизводству агроландшафты, которые позволят решить не только проблему эффективности сельскохозяйственного производства, но и социально-экономические, а также экологические проблемы человечества. Ученые всех стран мира пришли к единому мнению о необходимости изменения способов ведения земледелия и предложили концепцию *sustainable agriculture* (стабильное сельское хозяйство), которая базируется на усилении экологических принципов, обеспечивающих устойчивость и повышение биоразнообразия агроландшафтов. В Воронежской области с 1975 г. внедряется модель эколого-ландшафтного земледелия, основанная на создании саморегулирующихся и самовоспроизводящих систем. На территории СХА «Дружба» Кантемировского района создается большое разнообразие биогеоценозов на полях. Одним из элементов землепользования являются возделываемые поля, которые дробятся на некрупные экологически однородные участки — ландшафтные полосы

(ленты), ограниченные кустарниковыми кулисами. Площадь таких полос, где осуществляется обработка, составляет 1 – 2 га. Ширина полос – 80 – 120 м [1, 2].

Цель настоящей работы – изучение видового состава и численности птиц, населяющих пахотные земли с кустарниковыми кулисами при ведении эколого-ландшафтного земледелия на территории СХА «Дружба» Кантемировского района.

Орнитологические исследования проведены в период гнездования птиц (май, 2003 и 2015 гг.). Птиц учитывали на маршрутах различной длины с фиксированной шириной учетной полосы. Учёт проводили рано утром, регистрировали токующих самцов, при расчетах каждого из них принимали за гнездящуюся пару.

Маршруты пролегли по следующим местообитаниям. Возделываемые поля с кулисами: I) посевы люцерны серповидной (*Medicago falcate L.*) между кулисами из вяза шершавого (*Ulmus glabra Huds.*), жимолости (*Lonicera sp.*), и тополя (*Populus sp.*); II) посевы подсолнечника (*Helianthus annuus L.*) между кулисами из жимолости, смородины золотистой (*Ribes aureum Pursh*), вяза шершавого и тополя пирамидального (*Populus pyramidalis L.*); III) перепаханное, но не культивированное поле с прошлогодними сухими стеблями полыни горькой (*Artemisia absinthium L.*) между кулисами вяза шершавого.; IV) посевы озимой пшеницы (*Triticum sp.*) между кулисами из смородины золотистой и вяза шершавого.

Таблица – Плотность населения птиц (пар/км<sup>2</sup>) на возделываемых полях при ведении эколого-ландшафтного земледелия Кантемировского района

Виды птиц	местообитания			
	I	II	III	IV
<i>Alauda arvensis L.</i>	56	3	22	28
<i>Sylvia communis Lath.</i>	58	5	10	16
<i>Saxicolarubetra L.</i>	22	-	26	-
<i>Emberiza hortulana L.</i>	34	5	-	-
<i>Anthus trivialis L.</i>	19	10	-	-
<i>Motacilla flava L.</i>	8	10	5	-
<i>Lanius collurio L.</i>	-	5	-	10
<i>Coturnix coturnix L.</i>	5	-	5	5
<i>Chloris chloris L.</i>	-	14	-	-
<i>Emberiza citronella L.</i>	8	5	-	-
<i>Cuculus canorus L.</i>	4	6	-	-
<i>Sylvia nisoria Bechst.</i>	8	-	-	-
<i>Luscinia luscinia L.</i>	-	5	-	-
<i>Acanthis cannabina L.</i>	-	-	5	-
<i>Oenanthe oenanthe L.</i>	-	-	5	-
<i>Perdix perdix L.</i>	4	-	-	-
<i>Corvus cornix L.</i>	4	-	-	-
<i>Oriolus oriolus L.</i>	4	-	-	-
<i>Garrulus glandarius L.</i>	-	3	-	-
<i>Общая плотность населения</i>	234	71	78	59
<i>Всего видов</i>	13	11	7	4

Примечание: характеристика местообитаний I – IV см. в тексте; название птиц по Л.С. Степаняну (2003) [3].

Анализ видового разнообразия птиц в представленных местообитаниях показал следующее: самым населенным - (234 пар/км<sup>2</sup>) и разнообразным в видовом отношении – (13 видов) является местообитание I (посевы люцерны). По плотности населения

здесь доминирует серая славка (*Sylvia communis* Lath.), что объясняется наличием кустарниковых зарослей в виде кулис. Состав субдоминантов следующий: полевой жаворонк (*Alauda arvensis* L.), садовая овсянка (*Emberiza hortulana* L.), луговой чекан (*Saxicola rubetra* L.) и лесной конёк (*Anthus trivialis* L.). Садовую овсянку и лесного конька привлекает наличие кустарниковых кулис, которые они используют в качестве присады. Для лугового чекана необходимо наличие отдельных кустов и возвышающихся трав над остальным травяным покровом. Здесь также были отмечены: желтая трясогузка (*Motacilla flava* L.), обыкновенная овсянка (*Emberiza citronella* L.), ястребиная славка (*Sylvia nisoria* Bechst.) с равной плотностью населения – 8 пар/км<sup>2</sup>, а также серая куропатка (*Perdix perdix* L.), серая ворона (*Corvus cornix* L.), иволга (*Oriolus oriolus* L.) и обыкновенная кукушка (*Cuculus canorus* L.) с плотностью населения – 4 пар/км<sup>2</sup>. Большое разнообразие видов птиц в первом местообитании говорит о наличии здесь хороших кормовых и защитных условий для гнездования луговых и древесно-кустарниковых видов птиц [4, 5, 6, 7, 8].

Местообитание IV (поле озимой пшеницы) отличается наиболее бедным видовым составом (4 вида) и наименьшей плотностью гнездящихся птиц (59 пар/км<sup>2</sup>). Здесь, кроме полевого жаворонка и перепела, отмечены серая славка и обыкновенный жулан (*Lanius collurio* L.). Присутствие последних двух видов объясняется наличием древесно-кустарниковых кулис. Численность серой славки почти в 4 раза ниже, чем в первом местообитании, что говорит о менее благоприятных защитных и кормовых условиях рассматриваемого местообитания.

Местообитание II (посевы подсолнечника) и III (перепаханное, но не культивированное поле) содержат почти одинаковую плотность населения птиц (71 – 78 пар/км<sup>2</sup>). Однако II местообитание вмещает большее число видов. Но, наименьшая здесь плотность населения полевого жаворонка (3 пар/км<sup>2</sup>) и отсутствие лугового чекана и перепела (*Coturnix coturnix* L.) как наземногнездящихся видов объясняется только появившимися всходами подсолнечника в исследуемый период, что не обеспечило условий для гнездования этих птиц. Остальных видов во II местообитание привлекли хорошо сформированные кустарниковые кулисы. Обыкновенная каменка (*Oenanthe oenanthe* L.) и коноплянка (*Acanthis cannabina* L.) отмечены только в III местообитании.

Таким образом, структура растительного покрова обеспечивает птицам возможность и условия для гнездования, питания и защиты, к которым каждый вид эволюционно и экологически приспособлен.

Наличие в агроландшафтах большего разнообразия местообитаний, его мозаичность способствует привлечению орнитофауны. Это, в свою очередь, гарантирует охрану посевов, поскольку птицы, особенно в гнездовой период, проявляются естественным (биологическим) фактором, ограничивающим численность вредителей, что позволяет лимитировать применение химических средств защиты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопырев М.И. Развитие систем земледелия на эколого-ландшафтнoй основе / М.И. Лопырев // Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в Центральном Черноземье. – Воронеж, 2000. – С. 27 – 35.

2. Лопырев М.И. Экологизация земледелия на ландшафтнoй основе : научно-практическое пособие / М.И. Лопырев. – Воронеж : Издательско-полиграфическая фирма Полиарт, 2004. – 98 с.

3. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области) / Л.С. Степанян. – М. : ИКЦ “Академкнига”. – 2003. – 808 с.

4. Казарцева С.Н. Орнитофауна в ландшафтном земледелии / С.Н. Казарцева // Агроэкологическая оптимизация земледелия : сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Россельхозакадемии и 100-летию со дня рождения С.С. Соболева. – Курск, 2004. – С. 123 – 125.

5. Казарцева С.Н. Роль эколого-ландшафтного земледелия в формировании орнитофауны / С.Н. Казарцева // Экология 2006: Эстафета поколений: V Пущинская международная школа-семинар по экологии. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – С. 42 – 45.

6. Черемисинов А.Ю. Мелиорация : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, С.П. Бурлакин, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2012. – 243 с.

7. Черемисинов А.Ю. Динамика климата, водных балансов и ресурсов Центрального Черноземья : монография / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2013. – 314 с.

8. Черемисинов А.Ю. Агролесомелиорация : учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, А.С. Спахова. – Воронеж : ВГАУ, 2004. – 176 с.

**Kazartseva S.N.**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer  
Voronezh State Pedagogical University

#### **AVIFAUNA ON THE CULTIVATED FIELDS AT ECOLOGICAL-LANDSCAPE SYSTEM OF AGRICULTURE IN KANTEMIROVSKY DISTRICT VORONEZH REGION**

The scientists all over the world see the solution of the problem of degradation of landscapes and ecological crisis in changing of the ways of agriculture. The concept of sustainable agriculture is based on the strengthening of environmental principles providing the stability and increasing of the biodiversity of agro-landscapes. The model of ecological-landscape agriculture, based on the creation of self-regulating and self-reproducing systems, including forest belts, shrub scenes and environment-stabilizing land (cultivated and preserved pastures) has been working since 1975 in the steppe natural zone (South of the Voronezh region, Kantemirovsky district). In the past the preserved pastures irrationally exploited, after conservation the wood vegetation started to penetrate which is sometimes met due to the low productivity of soils low. Ornithological research works were held in the nesting period (2003 and 2015 years). In the fields of *Triticum sp.* between the scenes of *Ribesaureum* Pursh and *Ulmus glabra* Huds., in addition *Alauda arvensis* and *Coturnix coturnix*, as characteristic of the inhabitants of fields with *Triticum sp.* this natural zone *Sylvia communi* and *Lanius collurio* nest. The fields with crops *Medicago falcate* L. between the scenes *Lonicera sp.*, *Ulmus glabra* Huds. and *Populus sp.* attract *Sylvia borin*, *Anthus trivialis*, *Saxicola rubetra*, *Alauda arvensis*, *Coturnix coturnix*, *Motacilla flava*, *Emberiza citrinella*, *Sylvia nisoria*, *Perdix perdix*, *Oriolus oriolus* and *Cuculus canorus*. On the pastures of the ecological-landscape agriculture *Alauda arvensis*, *Saxicola rubetra* nest as typical inhabitants of the pastures of the steppe zone, as well as *Anthus trivialis*. The presence of the ecological-landscape system of crop farming provides a greater diversity of habitats; their mosaic contributes to attraction of ornithofauna. And it provides for the protection of crops, because the birds, especially during their nesting period, exercise natural (biological) factor limiting the number of pests, so it allows limiting the use of chemical means of protection.

Keywords: ecological-landscape agriculture, avifauna, formation.

## ТЕХНОЛОГИИ В АГРОЛАНДШАФТАХ

УДК 631.3.003.13

**Брюховецкий А.Н.**, к.т.н., доцент

**Брюховецкий Я.А.**

Луганский национальный аграрный университет

### **СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОБИОТЕХНОЦЕНОЗА**

Центральной проблемой современности является переход от решения локальных задач энергосбережения в агропромышленном производстве к решению комплексных системных задач, связанных с разработкой метода нахождения оптимального суммарного количества энергозатрат, потребляемых агропромышленным предприятием и с выбором способа рационального распределения этих энергозатрат в процессе производства конечного вида сельскохозяйственной продукции. Под агробиотехноценозами понимается особый класс больших открытых неравновесных систем, обменивающихся веществом с окружающей средой, с протекающими в них необратимыми процессами. Агробиотехноценоз представляет собой совокупность биологических и технических элементов, связанных между собой единым контуром управления. На сегодня высокоэффективное использование энергетических средств в аграрном производстве не возможно без потребления значительного количества традиционных для нашей эпохи углеводородных энергоносителей. В планетарных масштабах потребление нефтепродуктов достигло таких гигантских размеров, что с одной стороны угрожает полным их исчерпанием, а с другой – деградацией окружающей среды. Все это наводит на мысль о необходимости ограничить и сократить потребление энергии, энергоносителей, то есть отказаться от прогресса. Реалии развития удостоверяют, что осуществить это не возможно. Один из выходов из такой ситуации лежит в плоскости оптимального использования добытой энергии и энергоресурсов. В статье приведены результаты ранговых исследований повышения эффективности работы тракторного парка, который выделен как техноценоз или составляющая часть агробиотехноценоза, одного из отделений закрытого акционерного общества «Агротон» Луганской области. Увеличение затрат на изготовление каждого следующего вида техники для аграрного производства, быстрый рост затрат, в том числе и на топливо, при эксплуатации энергетических средств аграрном производстве – все это делает задачу изучения сложных технических систем с техноценологической точки зрения актуальной, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Ключевые слова: агробиотехноценоз, энергия, техноценоз, Н-распределение, ранговые исследования, мобильные энергетические средства, топливо.

Глобальной проблемой для человечества на современном этапе и в обозримом будущем является обеспечение продовольственной и энергетической безопасностей. Актуальность решения этих задач подтверждается складывающейся в мире ситуацией с изменением климатических, демографических и социальных тенденций.

Опубликованный анализ «Энергопроизводительность и экономическое процветание-2015», созданный Лиссабонским советом и компаниями Ecofys и Quintel Intelligence при поддержке Philips выявил огромный потенциал в области улучшения

функционирования экономики и значительного расширения социальных и экологических выгод за счет оптимального использования мировой энергии.

Это первое глобальное исследование, которое позволило составить рейтинг стран по их энергопроизводительности на единицу потребляемой энергии. Авторы работы предупреждают, что текущий темп роста этого показателя, составляющий на данный момент примерно 1,3% в год по всему миру, является слишком медленным для увеличивающегося спроса на энергию [1].

По мнению профессора Л.С. Ревенко агропродовольственный сектор мира переживает качественно новый этап своего развития, связанный со структурными изменениями в сырьевых и перерабатывающих отраслях, усилением транснационализации процессов производства и потребления, модификацией взаимодействия элементов рыночного механизма, выстраивания новых условий и правил инвестирования, усиления воздействия норм и мер регулирования на производство и оборот сельскохозяйственных товаров [2]. И все это на фоне острого дефицита энергоносителей.

Энергообеспечение планеты и производство продуктов питания связаны самым тесным образом. Бесспорно, что оба направления важны в деле обеспечения продуктами питания населения как отдельно взятой страны, так и человечества в целом. При этом решение энергетической проблемы позволит получить достаточное количество свободной энергии, что будет путем решения продовольственных вопросов и обеспечением людей свободной химической энергией, доступной организму для жизнедеятельности человека [3].

В настоящее время на 1% прироста урожая приходится 2,5% и более прироста антропогенных затрат. Поэтому вопросы энергосбережения на всех этапах жизненного цикла производства продукции — подготовки семян к посеву, выращивания растений, животных, переработки полученной продукции с учетом перераспределения энергетических затрат в сторону уменьшения антропогенной энергии в пользу природной, прежде всего солнечной, — является актуальной задачей организации и управления в сельском хозяйстве [4].

Оптимизация энергосбережения должна осуществляться одновременно на микро- и макроуровнях. Оптимизация на микроуровне сводится к совершенствованию отдельных технических изделий по критерию «полезный эффект - затраты энергии». Данному вопросу посвящено значительное число исследований, и в этой работе оно не затрагивается. Оптимизация на макроуровне требует общесистемного подхода. Однако, современное развитие системных исследований и их инструментальное обеспечение не позволяют осуществлять алгоритмически связанную непрерывную оптимизацию энергозатрат в аграрном производстве.

На наш взгляд, центральной проблемой современности является переход от решения локальных задач энергосбережения в агропромышленном производстве к решению комплексных системных задач, связанных с разработкой метода нахождения оптимального суммарного количества энергозатрат, потребляемых агропромышленным предприятием и с выбором способа рационального распределения этих энергозатрат в процессе производства конечного вида сельскохозяйственной продукции.

Мощное развитие науки за последние 20-25 лет, основываясь на предыдущих достижениях ученых, дало такой толчок развитию техники, что на сегодня встал вопрос о существовании на планете техносферы, которая по своим возможностям и масштабам влияния на природу и человека уже приобрела глобальный, трудно контролируемый характер. То влияние, которое техносфера оказывает на человека и окружающую среду, не обходит и аграрное производство. В связи с этим профессором Б.И. Кудриным было введено понятие техноценоза как ограниченной в пространстве и времени взаимосвязанной совокупности в дальнейшем неделимых технических изделий-особей, которые

объединены слабыми связями. Связи в техноценозе имеют особенный характер, который обусловлен конструктивной, а в большинстве случаев технологической независимостью отдельных технических изделий и разнообразием задач, которые решаются [5 - 9]. Идеи проф. Кудрина являются основой методологии наших научных изысканий.

Существенное развитие идеи Б.И. Кудрина о свойстве общности ценозов любой природы получили в работах его учеников: В.И. Гнатюка, Б.В. Жилина, О.Е. Лагуткина, Ю.В. Матюниной, М.Г. Ошуркова, В.В. Прокопчика, В.В. Фуфаева и др., а также ряда крупных ученых: Р.В. Гуриной, Ю.К. Крылова, В.К. Лозенко, И.И. Надтоки, Ю.К. Орлова, М.Х. Попова, Б.А. Трубникова, С.Д. Хайтуна, Ю.В. Чайковского, С.А. Цырука, С.В. Чебанова, Ю.А. Шрейдера, Ю.Л. Щаповой, А.Ю. Южанникова и др.

Основным методом изучения и анализа техноценозов является ранговый анализ. Профессор В.И. Гнатюк трактует ранговый анализ как метод исследования технических систем, имеющий целью их статистический анализ и оптимизацию структуры этих систем. Ранговый анализ занимает промежуточное по-положения между имитационным моделированием (с помощью которого осуществляется эффективное проектирования отдельных видов технических изделий) и методологией исследования операций.

В качестве параметров, которые ранжируются, в техноценозах выступают технические или физические величины, характеризующие особь: размер, масса, мощность потребления, энергия излучения-оценка и так далее.

Первая процедура в ранговому анализе – ранжирование. Особи располагаются в ряд в порядке убывания уровня исследуемого качества.

Под ранговым распределением понимается распределение, полученное в результате процедуры ранжирования последовательности значений параметра, поставленных соответственно рангу. Ранг - это номер особи по порядку в некотором распределении. По Б.И. Кудрину, закон рангового распределения особей в техноценозе (Н-распределение) имеет вид гиперболы [5 - 9] и аналитически выражается зависимостью:

$$W = \frac{A}{r^\beta}, \quad (1)$$

где  $A$  - максимальное значения параметра особи с рангом 1;

$r$  - номер ранга;

$\beta$  - ранговый коэффициент, характеризующий степень кривизны кривой распределения.

Если ранжируется какой-либо параметр ценоза (системы), то распределение называется ранговым параметрическим [5 - 9].

Когда в качестве параметра рассматривается мощность популяции, то в таком случае рас-дил имеет название ранговый видовой. Таким образом, в ранговому видовом распределении ранжируются виды. То есть особью является вид.

Ранговый анализ техноценозов в сельскохозяйственном производстве включает следующие этапы - процедуры: выделение техноценоза; установление видообразующих параметров; параметрическое описание техноценоза; построение рангового распределения (параметрического или видового); построение графического рангового параметрического распределения; построение графического рангового видового распределения; аппроксимация распределений; оптимизация техноценоза [5 - 9].

Ранговые исследования исследовались в различных научных областях: географии, биологии, эко-экономике, информатике, политологии, сельском хозяйстве, технике. Во всех случаях ранговые распределения подлежали описанию одной и той же зависимостью, которые в математической статистике получили название гиперболических

законов распределения. В данной статье мы предлагаем результаты использования технoценoлогического подхода к оценке эффективности работы мобильных энергетических средств в разрезе современной концепции энергетической оптимизации функционирования агробиотехноценоза.

Интенсивная хозяйственная деятельность человека в сфере агропромышленного производства ведет к частичной замене естественных сообществ живых организмов на поверхности нашей планеты на искусственные сообщества организмов.

Вывод немецкого гидробиолога К. Мёбиуса о том, что природные сообщества имеют длительную историю видового приспособления друг к другу привел к возникновению термина «биоценоз», т.е. совокупности растений, животных и микроорганизмов, приспособившихся к взаимодействиям друг с другом на определенной территории обитания.

В 1935 г. английский эколог А. Тенсли, рассматривая взаимодействие живых организмов со средой обитания, пришёл к заключению о их равноправном значении в организации жизни на Земле. А. Тенсли вводит в науку понятие «экологическая система» или сокращённо «экосистема».

В 1940 г. советский ботаник В.Н. Сукачёв, исследуя взаимодействие живых организмов в определённых пределах поверхности суши, ввёл научное понятие «биогеоценоз». Учение В.Н. Сукачёва стало основой науки – «биогеоценологии», которая изучает развитие биоценозов в различных почвенно-климатических регионах.

В связи с ростом населения нашей планеты увеличивается и потребность человечества в продовольствии. В результате этого естественные (первичные) биогеоценозы вытесняются полями, садами, огородами, искусственными лугами, фермами, т.е. формируются агробиоценозы. Сейчас агробиоценозами занято около 10% площади поверхности суши, и они ежегодно дают около 2,5 млрд. т сельскохозяйственной продукции.

Трансформируя природную среду в своих целях, человек не может создать закрытую систему, не имеющую связей с внешней средой или не содержащую внутренних связей.

Все искусственно создаваемые в сельскохозяйственной практике агроценозы представляют собой системы, функционирование которых специально поддерживается человеком. В агроценозах используется именно их свойство производить чистую продукцию, так как все конкурентные воздействия на культивируемые растения со стороны сорняков сдерживаются агротехническими мероприятиями, а формирование пищевых цепей за счет вредителей пресекается с помощью различных мер, например, химической и биологической борьбы. Но эти сообщества неустойчивы, не способны к самовосстановлению и саморегулированию, подвержены угрозе гибели от массового размножения вредителей или болезней. Для их поддержания необходима постоянная деятельность людей.

Для ценозов аграрного направления на современном этапе присуща неразрывная слитность биологического и технического, но, в то же время, необходимо фиксировать и их различие.

В отличие от промышленных техноценозов, в техноценозах аграрного направления связи между техническими звеньями будут более крепкими, что обусловлено жесткой взаимосвязью этих звеньев.

Таким образом, под агробиотехноценозами (АБТЦ) понимается особый класс больших открытых неравновесных систем, обменивающихся веществом с окружающей средой, с протекающими в них необратимыми процессами. АБТЦ представляет собой совокупность биологических и технических элементов, связанных между собой единым контуром управления.

К открытым системам, по определению бельгийского физика Р. Дефея, даного им в 1929 году, относятся системы, обменивающиеся с внешней средой энергией и веществом. Этот, на первый взгляд сугубо терминологический шаг, оказался для дальнейшего развития системного анализа принципиальным.

В АБТЦ доминирующими являются биологические процессы. По утверждению профессоров С.П. Доценко и В.Н. Заплишного все биологические процессы - всегда необратимы и, следовательно, в биологических системах осуществляется более равномерное распределение энергии и вещества. Эти процессы называют диссипацией (рассеиванием) энергии. Необратимые процессы связаны с передачей теплоты или беспорядочным движением молекул и протекают в направлении, которое приближает систему к состоянию равновесия [10].

Превращения энергии в АБТЦ, как в системе, имеющей биологические звенья, подчиняются тем же законам термодинамики, которые действуют и в неживой природе, т.е. переход одного вида энергии в другой и использование свободной или полезной энергии для осуществления жизненно необходимых процессов [10].

Основными потребителями энергии в современном аграрном производстве есть ряд сложных искусственных систем (производственные, транспортные, энергетические, информационные, коммуникационные, компьютерные и т.д.), которые существуют в тесном единстве и по существу одновременно являются системой нового типа, где свойства системы не вытекают из совокупности свойств ее отдельных элементов: почв, растительного мира, животных, места их обитания и техники. Эти элементы являются управляемыми за счет целенаправленной деятельности человека [11, 12, 13].

На сегодня высокоэффективное использование энергетических средств в аграрном производстве не возможно без потребления значительного количества традиционных для нашей эпохи углеводородных энергоносителей. Если брать планетарные масштабы, то потребление нефтепродуктов достигло таких гигантских размеров, что с одной стороны угрожает полным их исчерпанием, а с другой – деградацией окружающей среды. Все это наводит на мысль о том, что необходимо ограничить и сократить потребление энергии, энергоносителей, то есть отказаться от прогресса. Реалии развития удостоверяют, что осуществить это не возможно. Один из выходов из такой ситуации лежит в плоскости оптимального использования добытой энергии и энергоресурсов.

В качестве примера приведем результаты ранговых исследований эффективности работы тракторного парка, который выделим как техноценоз или одну из составляющих АБТЦ, отделение закрытого акционерного общества (ЗАО) «Агротон» Луганской области.

Входной информацией были сведения об использовании тракторов по всем видам работ за год (представлены в таблице). В качестве ранжируемого параметра нами был выбран объем механизированных работ, который выражается количеством сменных технически обоснованных норм выработки машинно-тракторным агрегатом с трактором данной марки, переведенным в условные эталонные гектары. На основе этого определенному трактору был присвоен определенный ранг ( $r$ ). При этом в качестве параметра оптимизации  $W_r$  выбран расход дизельного топлива. По данным расчетов были построены три графика (представлены на рисунке): кривая зависимости запланированных расходов топлива на выполнение работ тракторами, фактическая (реальная) кривая расхода топлива в хозяйстве и идеальная кривая расхода топлива.

Идеальная кривая расходов топлива представляет собой гиперболу, которую можно описать в виде выражения (1) с ранговым коэффициентом  $\beta = 1,63$ . С нашей точки зрения именно относительно этой гиперболы необходимо строить линию зависимости запланированных затрат топлива с реальной дает возможность установить недостатки в работе топливной аппаратуры трактора Магнум-8950 №00078ЯА (39) №488.

Таблица - Сводная ведомость работы мобильных энергетических средств

Марка трактора	Удельные затраты топлива, г/кВт·час	Затраты дизельного топлива, кг			Выработано нормо-мен	Ранг, г
		норма	факт	перерасход		
Case MX-310 №10771 КС (310) №419212	217	49034.470	36686.503	-12347.967	249.433	1
Магнум-8940 "№04296ЯА (36) №485	205	31836.540	22000.213	-9836.327	187.071	2
Магнум-8950 №00078ЯА (39) №488	207	20882.270	18031.812	-2850.458	151.948	3
МТЗ-80 №4075ВЧ (40) №2083	242	4045.990	4036.750	-9.240	185.599	6
МТЗ-80 №4077ВЧ (53) №2084	220	5.000	5.000		0.143	12
МТЗ-82 №04265ЯА (14) №378	220	7407.830	5016.315	-2391.515	177.614	5
МТЗ-82 №06267ЯА (138) №4462	220	3044.740	2733.900	-310.840	88.134	7
МТЗ-82.1.57 №09852ЯА (1) №3987	220	6214.600	6145.700	-68.900	217.559	4
Т -150Г №б/н (213) №2078	238	871.400	871.400		15.230	11
ЮМЗ-6 №4063ВЧ (30) №411	185	1637.400	1619.102	-18.298	54.991	10
ЮМЗ-6 №4071ВЧ (31) №2089	185	2903.850	3498.816	594.966	125.276	8
ЮМЗ-6 №б/н (1) №2082	185	1694.380	1574.436	-119.944	104.422	9
Всего:		135343.667		-29339.620	1711.883	

Таким образом, оптимизация энергосбережения в агробиотехноценозах должна осуществляться одновременно на микро - и макроуровнях.

Агробиотехноценозы представляют собой особенный класс больших открытых неравновесных систем, обменивающихся веществом с окружающей средой, с протекающими в них необратимыми процессами. АБТЦ представляет собой совокупность биологических и технических элементов, связанных между собой единым контуром управления.

Методология исследования техноценозов (в составе агробиотехноценоза) является объективным инструментом для планирования и оценки эффективности работы мобильных энергетических средств в аграрном производстве.

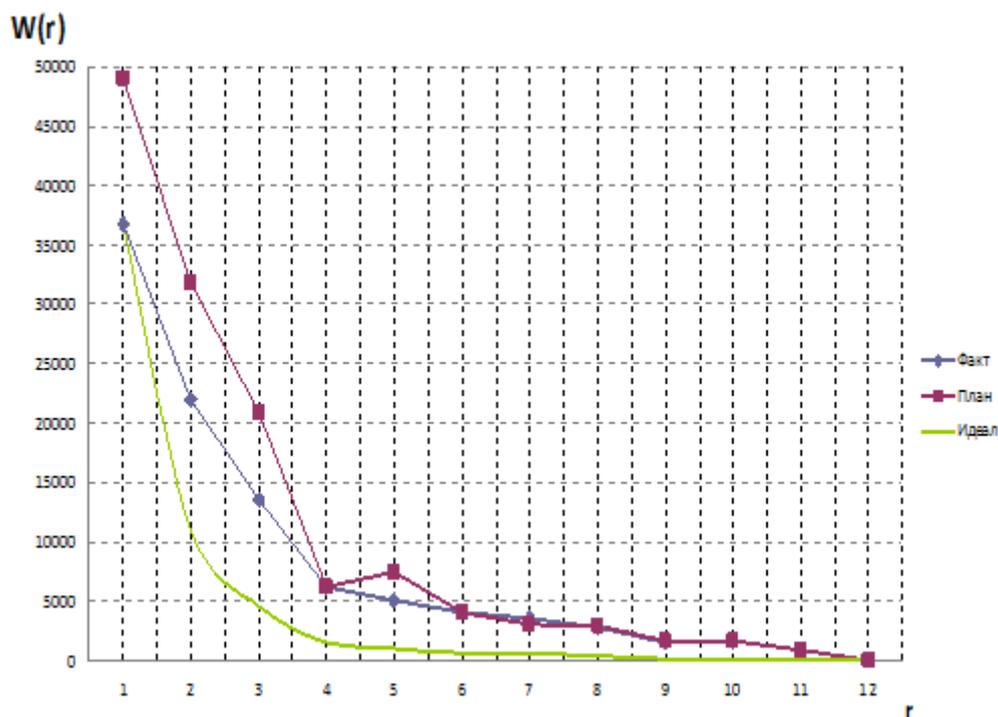


Рисунок. Формирование рангового распределения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Режим доступа: <http://www.energoinform.org/news/2015/energy/98-proc-mirovoj-jenergii-vpustuju.aspx>.
2. Ревенко Л. Продовольственная безопасность: решение возможно [Электронный ресурс] // АТЭС России 2012: Интернет-портал. - Режим доступа: [http://mgimo.ru/files/226753/2012-09\\_interaffairs\\_Revenko.pdf](http://mgimo.ru/files/226753/2012-09_interaffairs_Revenko.pdf)
3. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Международной научно-практической конференции. - Минск, 2009. - Том 1. - 124 с.
4. Гордеев А.С. Энергосбережение в сельском хозяйстве : учеб. пособие / А.С. Гордеев Д.Д. Огородников, И.В. Юдаев. - СПб. : Издательство «Лань», 2014. - 400 с.
5. Сводная библиография по технике и электрике. К 70-летию со дня рождения проф. Б.И. Кудрина / под. общ. ред. Г.А. Петрова. - М. : Центр системных исследований, 2004. - Вып. 26 «Ценологические исследования». - 236 с.
6. Кудрин Б.И. Введение в технетику. -2-е изд. перераб. доп. – Томск : ТГУ, 1993. – 552 с.
7. Кудрин Б.И. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, О.Е. Лагуткин, М.Г. Ошурков. – Тула : Приок. кн. изд-во, 1994. – 161 с.
8. Кудрин Б.И. Техногенная самоорганизация. Для технариев электрики и философов // Ценологические исследования - М. : Центр системных исследований. - Вып. 25. - 2004. – 248 с.
9. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов : монография / В.И. Гнатюк – М. : Изд-во ТГУ – Центр системных исследований, 2005. - 452 с.
10. Избранные лекции по курсу химической экологии : учеб. пособие / под. ред. С.П. Доценко. – Краснодар : КубГАУ, 2009. – 151 с.
11. Погорелый Л.В. Биотехнические системы в животноводстве / Л.В. Погорелый, М.М. Луценко - К. : Урожай, 1992. - 334 с.

12. Черемисинов А.Ю. Роль рекреационных ландшафтов в развитии техносферы : монография / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. – Воронеж : ВГАУ, 2014. - 312 с.

13. Словарь терминов и определений / А.Ю. Черемисинов, В.Д. Попело, О.П. Семенов, С.В. Ломакин, С.А. Макаренко, С.П. Бурлакин, И.П. Землянухин, А.А. Черемисинов, Н.С. Анненков, Е.В. Куликова, В.И. Ступин, М.В. Ванеева, В.С. Зуев, С.В. Саприн. – Воронеж : ВГАУ, 2014. – 212 с.

**Bryukhovetsky A.N.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor

**Bryukhovetsky Y.A.**

Lugansk National Agrarian University

## **THE MODERN CONCEPT OF ENERGETICAL OPTIMIZATION OF THE FUNCTIONING OF AGROBIOTECHNOCENOSES**

The central problem of nowadays is the transition from solving local problems of energy saving in the agricultural production to solving of complex system problems. These problems are related to development of the method of finding the optimal total amount of energy consumed by the agricultural enterprise and the choice of the way of rational distribution of this energy into the production process of the final form of agricultural products. Agrobiotechnocenos is a special category of large open nonequilibrium systems exchanging matter to the environment with irreversible processes occurring in these systems. Agrobiocenoses is a complex of biological and technical elements linked together by unified control circuit. Today highly effective use of energy resources in the agricultural production is impossible without consuming of a significant amount of traditional hydrocarbon energy resources for our era. Globally, petroleum products consumption reached huge sizes which threatened their complete exhaustion and environmental degradation. All this suggests the need to limit and reduce energy consumption and energy carriers, that is to abandon progress. The realities of the development verify its impossibility. The optimal use of extracted energy resources is one of the solutions. In the article the author gives the results of rank studies of the increasing efficiency of the tractor fleets work which is defined as technocenos or one of the components of agrobiotechnocenos as one of the branches of closed joint-stock company "Agroton" of the Luhansk region. The costs for manufacturing of each of the following types of machinery for agrarian production were increased, the expenses including fuel grow quickly during exploitation of power tools in agrarian production. It makes the task of study of aggregate technical systems from technoservices point of view vital and having important national economic value.

Keywords: agrobiotechnocenos, energy, technocenos, H-distribution, rank studies, mobile power unit, fuel.

**Щукин С.Н.**, к.т.н., доцент  
Луганский национальный аграрный университет

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СРАБАТЫВАНИЯ КЛАПАНА-ДОЗАТОРА ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР**

Настоящая статья посвящена теоретическому определению времени срабатывания клапана-дозатора опрыскивателя пропашных культур. В статье рассматривается динамика движения и временные характеристики мембранного узла клапана. Представлен рабочий орган дозирующей системы опрыскивателя и дано краткое описание его работы. Определены силы, которые воздействуют на рабочий орган клапана. На основе анализа процессов, происходящих во время работы клапана-дозатора, была выведена система уравнений, которая позволила определить время движения мембранного узла клапана-дозатора. Был проведен расчет времени прямого и обратного хода мембранного узла клапана-дозатора. Расчеты проводились в среде программы Mathcad. Для решения систем дифференциальных уравнений использовалась функция Odesolve, которая использует метод Адамса. Полученные зависимости дают возможность оценить быстродействие клапана и определить объем рабочей жидкости, проходящей через клапан при его открытии.

Ключевые слова: опрыскиватель, дозирующая система, клапан-дозатор, мембрана, давление управления.

Одним из основных факторов, влияющих на эффективность внесения пестицидов при опрыскивании сельскохозяйственных культур, является точность дозировки рабочей жидкости. Создание простой в изготовлении и обслуживании, недорогой дозирующей системы опрыскивателя является актуальной задачей для разработчиков сельскохозяйственной техники.

Вопросам дозирования жидкостей посвящены известные монографии Ю.Д. Видинева, А.Л. Гуревича, М.В. Соколова, А.В. Каталымова, В.А. Любартовича, В.С. Безменова. В этих работах даны различные классификация дозирующих систем жидкости, описаны схемы их реализации, рассмотрены элементы систем, а также факторы, влияющие на качество работы. Представлены экспериментальные и теоретические зависимости, позволяющие определить основные показатели, характеризующие работу данных систем. Однако в этих работах мембранный клапан рассматривался, как регулируемый элемент, исполнительный механизм или логический элемент в системе управления процессом дозирования. В предлагаемой струйной дозирующей системе опрыскивателя предусматривается использование мембранного клапана, как рабочего органа, который осуществляет непосредственное дозирование рабочей жидкости.

Целью данного теоретического исследования является вывод формул для расчета времени основных периодов цикла работы клапана-дозатора.

В лаборатории струйных дозирующих систем ЛНАУ разработана автоматическая система регулирования расхода рабочей жидкости, которую предлагается использовать при ленточном опрыскивании пропашных культур. Данная дозирующая система имеет дискретную схему исполнения и относится к импульсным системам автоматического дозирования жидкостей и позволяет синхронизировать расход рабочей жидкости со скоростью движения опрыскивателя.

В качестве рабочего органа дозирующей системы предлагается использовать двумембранный клапан (рис. 1), в одну из камер которого подводится рабочая жид-

кость под давлением  $p_{пит}$ , а в другую – управляющий пневматический сигнал  $p_{упр.кл.}$ , частота подачи которого зависит от скорости движения опрыскивателя. В верхней камере клапана установлена пружина, удерживающая мембраны в нижнем положении «а», таким образом, клапан в исходном положении является закрытым, и рабочая жидкость не поступает к распылителю.

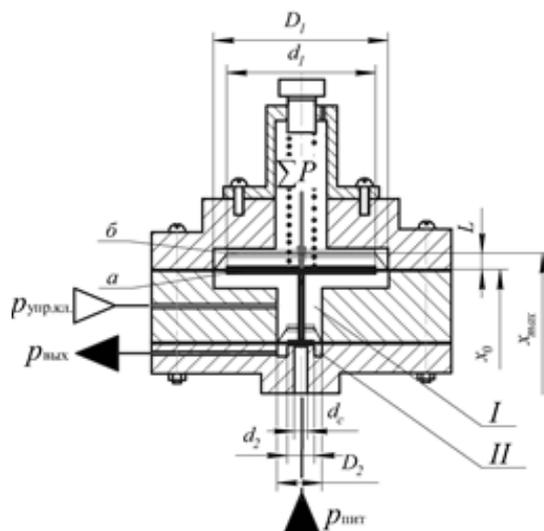


Рисунок 1. Схема клапана-дозатора

Под действием управляющего пневматического сигнала, вследствие разности эффективных площадей мембран, мембранный узел перемещается вверх, положение «б», и рабочая жидкость поступает на распылитель под давлением  $p_{вых}$ . С данным дозирующим устройством предполагается использовать пневматические или дисковые распылители, где желательна безнапорная подача жидкости.

Производительность дозирующего устройства определяется допустимой частотой выдачи отдельных порций жидкости. Время, отводимое на выдачу дозы жидкости, должно всегда быть больше действительного времени выдачи дозы жидкости с учетом времени переключения командных и исполнительных устройств. Таким образом, для нас важно знать время, за которое мембранный узел под воздействием управляющего сигнала совершит перемещение из своего начального положения в конечное.

Под временем срабатывания клапана-дозатора будем понимать время, которое необходимо на перемещение мембранного узла из своего начального положение в конечное, при прямом ходе узла, а также время, которое необходимо для того, чтобы вернуться в начальное положение при обратном движении.

Рассмотрим динамику работы мембранного клапана. В исходном положении мембранного узла клапана управляющая полость соединена с атмосферой, абсолютное давление в ней равно  $p_a$ . В момент времени, когда поступает сигнал управления  $p_{упр.кл}$  начинает расти давление в управляющей полости, при этом мембранный узел еще неподвижен и объем полости управления не изменяется, происходит наполнение воздухом полости постоянного объема. И только по достижении (за время наполнения  $t_{нап}$ ) давления  $p_{ан}$  начинается перемещение мембранного узла клапана. Давление  $p_{ан}$  можно определить из следующего выражения:

$$p_{ан} = p_a + \frac{\sum P}{S_{эф1} - S_{эф2}}, \text{ Па} \quad (1)$$

где  $S_{эф1}$ ,  $S_{эф2}$  – эффективная площадь первой и второй мембраны соответственно,  $\text{м}^2$ ;  
 $\sum P$  – суммарная результирующая сила, преодолеваемая силами давления, для вертикального расположения клапана, Н.

$$\sum P = P_0 + P_n + cL - P_c, \text{ Н} \quad (2)$$

где  $P_0$  – вес мембранного узла, Н;  
 $P_n$  – сила начального сжатия пружины, Н;  
 $c$  – жесткость пружины, Н/м;  
 $L$  – длина хода мембранного узла, м;  
 $P_c$  – сила, с которой рабочая жидкость действует на мембранный узел, когда он находится в положении «а» (см. рисунок 1), Н.

При определении результирующей силы, вследствие небольшого значения перемещения мембранного узла, жесткостью мембраны можно пренебречь.

Происходит одновременное поступление воздуха в полость от источника пневматического питания и изменение объема полости управления. Вследствие этого давление в полости и скорость перемещения мембранного узла изменяются по сложному закону. Мембранный узел перемещается за время движения  $t_{дв}$  на величину  $L = x_{max} + x_0$  своего хода ( $x_0$ ,  $x_{max}$  – начальное и конечное положение мембранного узла (см. рис.1)). При этом давление в полости управления имеет значение  $p_{ак}$ , которое в общем случае отличается от давления  $p_{упр. кл.}$ .

При обратном ходе мембранного узла время срабатывания складывается из времени опорожнения  $t_{опор}$  полости управления и времени движения  $t'_{дв}$ . Время опорожнения полости управления – это время за которое давление в ней падает от  $p_{упр. кл.}$  до давления  $p'_{ан}$  начала движения мембранного узла под действием соответствующих суммарных сил  $\sum P'$ , с.

$$\sum P' = P_0 + P_n + c L - P_2, \text{ Н} \quad (3)$$

где  $P_2$  – сила давления рабочей жидкости на мембрану в камере II (см. рис. 1), Н.

При этом давление  $p'_{ан}$ :

$$p'_{ан} = p_a + \frac{\sum P'}{S_{эф1} - S_{эф2}}, \text{ Па.} \quad (4)$$

При выводе уравнения динамики движения мембранного узла клапана используем допущения, что температура питающего воздуха равна температуре в полости управления и температуре окружающей среды, которая остается постоянной. Кроме того, при расчете принимаем, что термодинамический процесс изменения состояния воздуха при прохождении его через дросселирующее отверстие в распределительном устройстве – адиабатический. Характер течения воздуха через дросселирующее отверстие – турбулентный.

Давление в наполняемой полости изменяется от  $p_1 = p_a$  до  $p_2 = p_{ан}$ , где  $p_a$  – абсолютное атмосферное давление;  $p_{ан}$  – абсолютное давление начала движения мембранного узла. В общем случае в этом диапазоне изменений давлений может быть, как надкритический ( $\sigma < \sigma_{кр}$ ), так подкритический ( $\sigma > \sigma_{кр}$ ) режим истечения воздуха в полость

управления (для воздуха  $\sigma_{кр}=0,528$ ), поэтому время наполнения  $t_{нап}$  при этих условиях складывается из двух составляющих:

$$t_{нап} = t_{нап}^{надкр} + t_{нап}^{подкр}, \text{ с} \quad (5)$$

где  $t_{нап}^{надкр}$  – время наполнения в надкритическом режиме истечения, когда давление в полости изменяется от  $p_a$  до  $p_{кр}$  ( $p_{кр} = \sigma_{кр} p_{a0}$ , где  $p_{a0}$  – абсолютное давление питания, будем рассматривать случай коротких трубопроводов, соединяющих клапан с усилителем сигнала, без местных сопротивлений);

$t_{нап}^{подкр}$  – время наполнения в подкритическом режиме истечения, когда давление в полости управления клапана изменяется от  $p_{кр}$  до  $p_{ан}$ .

Время надкритического ( $\sigma < \sigma_{кр}$ ) наполнения объема  $V = V_0$  можно найти по формуле [1]:

$$t_{нап}^{надкр} = \frac{V(\sigma_2 - \sigma_1)}{k\mu_p SB_{кр} R \sqrt{T_{a0}}}, \text{ с} \quad (6)$$

где  $V = V_0 = V_{I0} + S_{тр}l$ ;  $V_{I0}$  – начальный объем полости управления клапана,  $\text{м}^3$ ;

$S_{тр}$ ,  $l$  – соответственно площадь проходного сечения и длина трубопровода, соединяющего выход усилителя с полостью управления клапана;

$$B_{кр} \approx 0,04 \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{К}}{\text{Дж}} \right)^{1/2};$$

$S$  – площадь входного отверстия (если  $S < S_{тр}$ ),  $\text{м}^2$ ;

$\mu_p$  – коэффициент расхода;

$\sigma_1 = p_a/p_{a0}$  – начальное безразмерное давления в полости наполнения;

$\sigma_2 = \sigma_{кр} = p_{кр}/p_{a0}$  – безразмерное давление в полости в конце надкритического наполнения;

$R$  – газовая постоянная (для воздуха  $R = 287$  Дж/(кг·К));

$k$  – показатель адиабаты (для воздуха  $k = 1,4$ );

$T_{a0}$  – абсолютная температура воздуха в линии питания, К.

Давление в полости управления возрастает до  $p_{кр}$  по линейному закону, так как расход газа остается постоянным и равным  $G_{кр}$ .

Время для подкритического наполнения можно найти по формуле [1]:

$$t_{нап}^{подкр} = \frac{2V}{(k-1)\mu_p SB \sqrt{T_{a0}}} \left( \sqrt{1 - \sigma_{11}^{(k-1)/k}} - \sqrt{1 - \sigma_{21}^{(k-1)/k}} \right), \text{ с} \quad (7)$$

где  $V = V_0$ ,  $\text{м}^3$ ;

$\sigma_{11}$  – начальное безразмерное давление подкритического наполнения полости (в нашем случае  $\sigma_{11} = \sigma_{кр}$ );

$\sigma_{21}$  – конечное безразмерное давление подкритического наполнения полости (в нашем случае  $\sigma_{21} = p_{ан}/p_{a0}$ );

$$B \approx 0,156 \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{К}}{\text{Дж}} \right)^{1/2}.$$

Ход мембранного узла клапана протекает при переменном объеме заполняемой воздухом полости управления, причем изменяется сила воздействия пружины на мембранный узел, появляется сила инерции. Поэтому в уравнении изменения состояния воздуха в камере управления необходимо учесть изменение объема и дополнить это

уравнение уравнением движения, выражающим равенство сил на мембранном узле при его движении.

При перемещении мембраны под воздействием сжатого воздуха мембрана прогибается, причем в зависимости от жесткости материала давления сжатого воздуха ее образующая может быть близка к прямой линии или может принимать криволинейную форму, выходя за пределы плоскости жесткого центра. В первом случае объем мембранной камеры подсчитывается как сумма объема цилиндра высотой  $x_0$ , с учетом объема трубопровода от распределителя до камеры, и объема усеченного конуса, высота которого равна рабочему ходу  $x$  [2].

$$V = V_0 + V_x = V_0 + \frac{1}{3}\pi\left(\left(\frac{D_1}{2}\right)^2 + \frac{D_1 d_1}{4} + \left(\frac{d_1}{2}\right)^2\right)x = V_0 + S_{\text{эф1}}x, \text{ м}^3 \quad (8)$$

где  $S_{\text{эф1}} = \frac{1}{3}\pi\left(\left(\frac{D_1}{2}\right)^2 + \frac{D_1 d_1}{4} + \left(\frac{d_1}{2}\right)^2\right)$  – эффективная площадь первой мембраны при ну-

левом прогибе,  $\text{м}^2$ ;

$V_x$  – переменная часть объема полости управления клапана,  $\text{м}^3$ ;

$D_1, d_1$  – соответственно наружный диаметр мембраны и диаметр ее жесткого центра,  $\text{м}^2$ .

Изменение массы воздуха в полости управления во времени представляет собой массовый расход воздуха в камеру  $G$ :

$$\frac{RT_{a0}}{S_{\text{эф1}}}G = \frac{dp_1}{dt}(x_y + x) + p_1 \frac{dx}{dt}, \quad (9)$$

где  $x_y = V_0/S_{\text{эф1}}$  – условная начальная координата положения мембранного узла,  $\text{м}$ .

Уравнение движения при перемещении мембранного узла вверх будет иметь вид:

$$p_1(S_{\text{эф1}} - S_{\text{эф2}}) - p_a S_{\text{эф1}} + p_a S_{\text{эф2}} = m\ddot{x} + \sum P, \quad (10)$$

где  $m$  – приведенная масса подвижных элементов,  $\text{кг}$ .

Для определения времени перемещения мембранного узла, а также изменения давления во времени необходимо уравнения (9) и (10) решить совместно и проинтегрировать. Однако в общем случае систему этих уравнений решить не удастся, поэтому ее решают численным интегрированием. Численное решение системы уравнений заканчивается в момент достижения мембранным узлом на  $n$ -м шаге конечного положения  $x_{\text{max}} = x_0 + L$ .

При решении первого уравнения системы (9) учитываем, что  $p_1/p_{a0} \leq 0,528$  (надкритический режим истечения) расход будет постоянный и его можно рассчитать по формуле [3]:

$$G = \mu_p S p_{a0} \sqrt{\frac{1}{2RT_{a0}}}. \quad (11)$$

При  $p_1/p_{a0} \geq 0,528$  (подкритический режим истечения) расход будет переменным и его можно рассчитать по формуле [3]:

$$G = \mu_p S p_{a0} \sqrt{\frac{2}{RT_{a0}} \left[ \frac{p_1}{p_{a0}} \left( 1 - \frac{p_1}{p_{a0}} \right) \right]} \quad (12)$$

Время обратного хода мембранного узла  $t_{обр}$  определяется аналогично. При помощи выше полученных зависимостей был проведен расчет полного времени цикла движения мембранного узла клапана-дозатора. Расчеты проводились в среде программы Mathcad 15, которая создана разработчиками, как инструмент работы расчетчиков-инженеров. Для решения системы дифференциальных уравнений (9), (10) использовалась функция Odesolve, которая использует метод Адамса [4].

На рисунке 2 представлены графики зависимости перемещения мембранного узла  $x(t)$  и абсолютного давления в полости управления  $p(t)$  от времени.

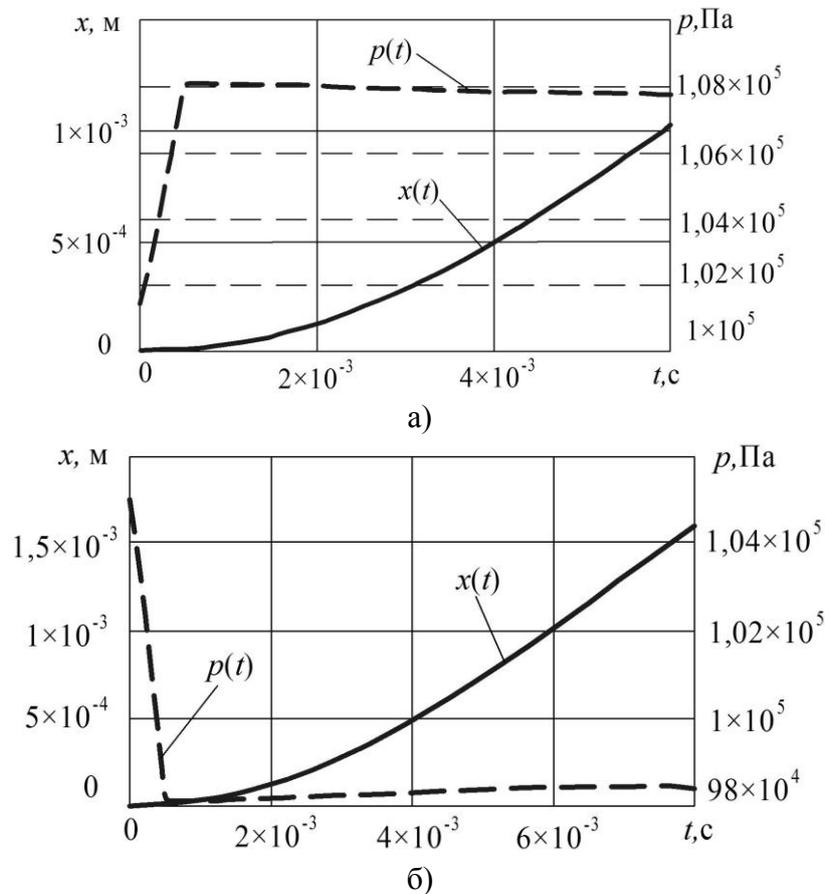


Рисунок 2. Зависимости перемещения мембранного узла клапана-дозатора  $x(t)$  и абсолютного давления в полости управления  $p(t)$  от времени: а) прямой ход мембранного узла; б) обратный ход мембранного узла.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нагорный, В. С. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем [Текст]: учеб. пособие техн. вузов / В. С. Нагорный, А. А. Денисов. – М. : Энергия, 1992. – 367 с.
2. Герц, Е. В. Расчет пневмоприводов [Текст]. Справочное пособие / Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. – М.: «Машиностроение», 1975. – 272с. : ил. – (Б-ка конструктора).
3. Дмитриев, В. Н. Основы пневмоавтоматики [Текст] / В. Н. Дмитриев, В. Г. Градецкий. – М. : «Машиностроение», 1973. – 360 с.

4. Оробинский В.И. Совершенствование конструкции шариковой очистки решета/ В.И. Оробинский, А.Ю. Черемисинов, А.А. Сундеев, А.С. Корнев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 2. - С. 126-128.

**Schukin S.N.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor  
Lugansk National Agrarian University

#### **THEORETICAL DEFINING OF RESPONSE TIME OF THE VALVE-DOSER OF ROW CROPS SPRAYER**

This article is dedicated to theoretical defining of the response time of the valve-doser of row crops sprayer. The article examines dynamics of movement and temporal characteristics of the membrane valve assembly. Working body of dosing system sprayer and a brief description of his work were presented. The forces that act on working body of the valve were determined. Based on the analysis of the processes, which occurring during the operation of the valve-doser, system of equations was derived. That allowed us to determine the time of movement of the membrane valve assembly. Calculation of time forward and reverse motion of membrane valve assembly was performed. The calculations were performed in Mathcad program environment. To solve systems of differential equations was used Odesolve function that uses the Adams method. Obtained relationships allow to evaluate speed of operations of the valve and to determine the volume of working fluid flowing through valve when it is opened.

Keywords: sprayer, dosing system, valve-doser, membrane, control pressure.

## ИНФОРМАЦИЯ

### Правила оформления статей, направляемых в редакцию журнала «Модели и технологии природообустройства (региональный аспект)»

К публикации принимаются материалы оригинальные, не опубликованные ранее и не представленные к печати в других изданиях.

Предлагаемая к опубликованию статья должна соответствовать основным научным направлениям журнала: «Сельскохозяйственные исследования», «География», «Экономика производства», «Орошение», «Модели и системы», «Экология растений», «Лесное хозяйство - общие вопросы», «Сельскохозяйственная техника и оборудование», «Охрана природы и земельных ресурсов», «Энергетические ресурсы и управление», «Водные ресурсы и управление», «Почвоведение и управление», «Геодезия и картография почвы», «Химия и физика почвы», «Плодородие почвы», «Эрозия почвы, сохранение и восстановление», «Метеорология и климатология», «Математические и статистические методы», «Методы исследований», «Геодезические методы».

Статья представляется в редколлегию в виде файла формата MS Word (\*.doc) в печатном (1 экз.) и электронном виде. Основной шрифт – Times New Roman, 12 пт, формат А 4 (210 мм x 297 мм), абзацный отступ 1,25 см, интервал между строками - одинарный, нижнее и верхнее, левое и правое поля – 2,5 см. Выравнивание границ текста – по ширине. Страницы нумеруются внизу по середине. Расстановка переносов – автоматическая.

Научные статьи, направляемые в журнал должны иметь следующую структуру:

1. Актуальность, 2. Цель исследования, 3. Методология, 4. Ход исследования, 5. Результаты исследования, 6. Выводы.

Статьи принимаются объемом от 4 до 10 страниц.

#### **Порядок и правила размещения информации в статье**

Первая строка – индекс УДК с выравниванием по левому краю с абзацным отступом 1,25 см, шрифт основной.

Через интервал приводятся сведения об авторах: инициалы и фамилия автора(ов), прописными буквами прямым полужирным шрифтом Times New Roman, 12 пт, выравнивание по левому краю с абзацным отступом 1,25 см. После фамилии автора (на этой же строке) основным шрифтом указываются ученая степень, ученое звание, должность. На следующей строке указываются полное наименование организации, где работает(ют) автор(ы), строчными буквами прямым основным шрифтом Times New Roman, 11 пт, выравнивание по левому краю с абзацным отступом 1,25 см. Сведения о каждом авторе приводятся с новой строки.

Далее через интервал располагается заглавие статьи на русском языке, полужирным шрифтом Times New Roman (12 пт), без переносов, с выравниванием по левому краю, с абзацным отступом 1,25 см.

Через интервал прилагается реферат объемом 200-250 слов, включающий краткое, точное изложение статьи в соответствии с ее структурой. Реферат не разбивается на абзацы. Вводные слова и обороты в тексте реферата не используются. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит конкретные сведения (выводы, рекомендации). Не использовать аббревиатуры без расшифровки. Не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. В конце реферата с новой строки без абзацного отступа необходимо указать ключевые слова (5-7) в именительном падеже, отражающие ее содержание и обеспечивающие возможность информативного поиска.

Через интервал следует основной текст статьи.

Для набора формул использовать встроенный «Редактор формул» (MathType или Equation Editor 3.0), выравнивание по центру без абзацного отступа. Номер формулы в круглых скобках, выравнивание по правому краю. Перед формулой и после нее – интервалы.

Таблицы, по возможности, располагать на одной странице. Обозначать таблицы следует словом: «Таблица 1 – Название таблицы» (выравнивание надписи по левому краю с абзацным отступом 1,25 см).

Рисунки (графический материал) должны быть выполнены в форме jpg или tif с разрешением не менее 200 dpi, обеспечивать ясность передачи всех деталей (только черно-белое исполнение). Иллюстрации (графики, схемы, диаграммы и т. п.) выполняются в соответствии с требованиями:

- буквенные и цифровые обозначения на иллюстрациях по начертанию и размеру должны соответствовать обозначениям в тексте статьи;
- положение рисунка – по центру, без отступа, толщина линий в иллюстрации не менее 1 пт;
- в тексте в подрисуночную надпись выносить порядковый номер иллюстрации и пояснение к ней, выравнивание текста – по левому краю с абзацным отступом 1,25 см (Рисунок 1. Название рисунка).

Таблицы, рисунки, формулы нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

Таблицы и рисунки в единственном числе не нумеруются.

Размерность всех физических величин должна соответствовать Международной системе единиц (СИ).

После текста статьи через интервал приводится список литературы. Литературу располагать в порядке ссылок в тексте без автонумерации, абзацный отступ 1,25 см. Слова «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» набирать прописными буквами по центру без абзацного отступа, шрифт – Times New Roman, 12 пт. Список литературы оформляется в строгом соответствии с ГОСТ 7.1-2003 (с изменениями).

После списка литературы через интервал приводится следующая информация на английском языке: инициалы и фамилия автора, должность, место работы (полностью), через интервал название статьи, через интервал текст реферата и ключевые слова. Перевод реферата на английский язык, выполненный компьютерными программами, не принимается. Требования к оформлению англоязычного варианта такие же, как были указаны выше для русскоязычного.

К статье прилагается заверенная рецензия.

Уникальность текста статьи должна составлять не менее 75% по системе Антиплагиат.

Статьи регистрируются в Российском индексе научного цитирования. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Редакция журнала оставляет за собой право производить сокращение и редакционные изменения текста статей. Дополнения в корректуру не вносятся. Итоговое решение о принятии к публикации или отклонении представленного в редакцию материала, принимается редакционной коллегией и является окончательным.

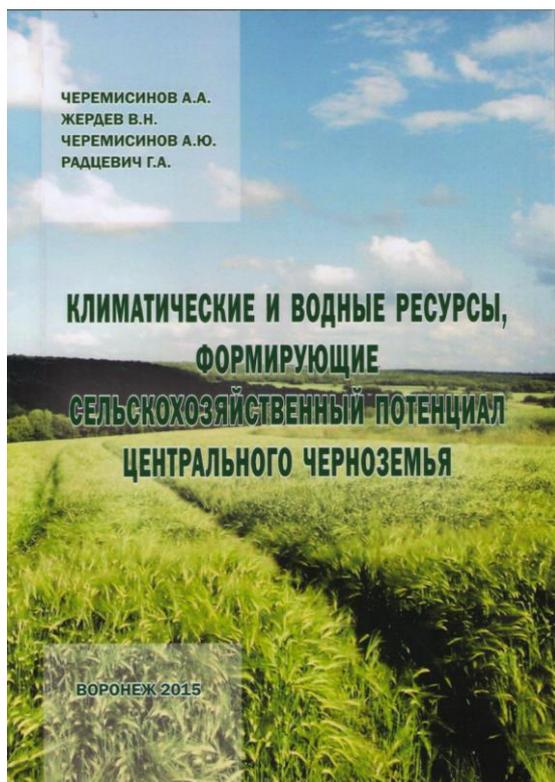
Журнал выходит два раза в год. Плата за публикацию рукописей не взимается.

Статьи следует присылать с подписью автора(ов) в редакцию по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, ауд. 369 или в электронном виде на e-mail: [natagricvsau@mail.ru](mailto:natagricvsau@mail.ru) Контактный телефон: 8 (473) 253-73-90.

Автор (авторы) статьи имеют право на получение одного экземпляра журнала бесплатно.

***Благодарим Вас за соблюдение наших правил и рекомендаций!***

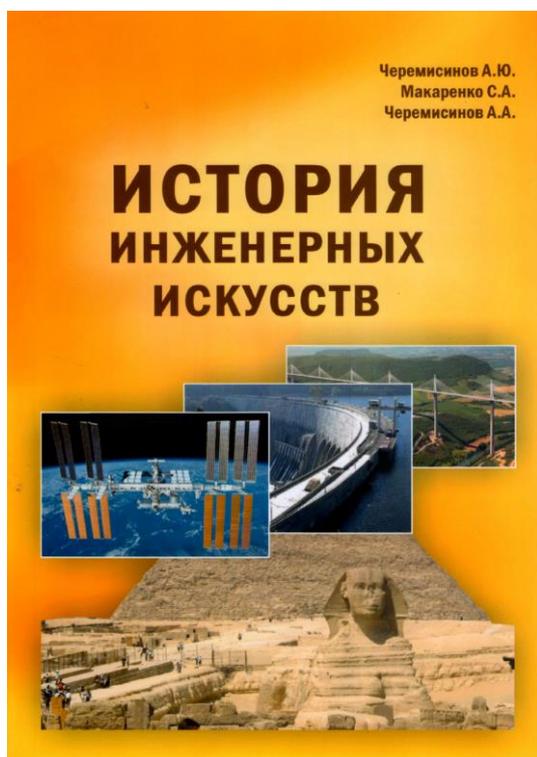
## Библиографические новинки



Издана монография «Климатические и водные ресурсы, формирующие сельскохозяйственный потенциал Центрального Черноземья» - авторы доц. Черемисинов А.А., проф. Жердев В.Н., проф. Черемисинов А.Ю., доц. Радцевич Г.А.

В монографии последовательно рассматриваются: общая характеристика Центрального Черноземья (ЦЧ), методики, объекты и условия исследований; приводятся результаты многолетнего изучения климатических изменений в ЦЧ, особенностей распределения почв и их характеристик для сельскохозяйственного использования по областям ЦЧ, его пространственно-временную динамику водных ресурсов, возможности сельскохозяйственных культур в агроландшафтах ЦЧ, обоснование применения орошения сельскохозяйственных культур.

Монография предназначена для специалистов в области сельского хозяйства, климатологии, гидрологии, природопользования, природообустройства, экологии, а также для учебных целей и учебного процесса магистров и аспирантов.



Издано учебное пособие «История инженерных искусств» - авторы проф. Черемисинов А.Ю., доц. Макаренко С.А., доц. Черемисинов А.А.

В учебном пособии изложены основные этапы развития инженерной деятельности, включающей в себя теоретическую механику, сопротивление материалов, строительную механику, гидравлику с гидромеханикой и инженерные конструкции.

Учебное пособие предназначено для подготовки студентов, мастратов, аспирантов.