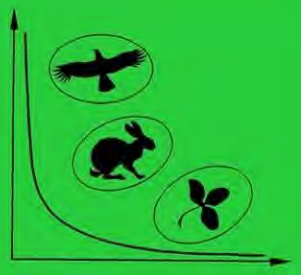
ISSN 2542-2006

Том *Volume* **2** **Номер** **Number** **1** **Март** **March** **2018**



ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА
ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Журнал освещает результаты фундаментальных исследований и прикладных работ по изучению состояния, закономерностей процессов и динамики в природных, антропогенно созданных и/или антропогенно нарушенных экосистемах любого ранга (от биотопа до биосферы), а также в отдельных компонентах этих экосистем (как живых, так и неживых) повсеместно: во всех природных зонах и ландшафтах, на суше и в водной стихии. Статьи соотвествующей тематики принимаются по следующим научным направлениям: география, биология, лесное и сельское хозяйство.

The journal highlights the results of fundamental and applied investigations on the study of the state, processes and dynamics in natural, anthropogenic and/or anthropogenically disturbed ecosystems of any scale (beginning from biotope and up to biosphere) as well as in separate components of those ecosystems (alive and lifeless) everywhere: in all natural zones and landscapes, on land and in the water. Papers on the related topics submitted to the journal should be related to the following branches of science: geography, biology, forest and agricultural management.

МОСКВА
MOSCOW

2018

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Vol. 2, No. 1, 2018, March
Journal is founded in January 2017
Issued 4 times per year

Editor-in-Chief, Dr. geogr. Zh.V. Kuzmina

Editorial Council:
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences
V.I. Danilov-Danilyan,
Academician of the Russian Academy of Sciences K.N. Kulik,
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences V.V. Melikhov,
Academician of the Russian Academy of Sciences A.S. Rulev

Editorial Board:
M.V. Bolgov, A.N. Gelfan, E.I. Golubeva, L.P. Gruzdeva, T.V. Dikariova,
N.G. Mazey, N.M. Novikova, G.N. Ogureeva, E.I. Pankova, S.A. Podolskiy,
E.G. Suslova, A.S. Viktorov, M.F. Vundtsettel, L.G. Yemelyanova

Executive Secretary:
E.I. Tobolova

Head of Editorial Office:
O.S. Grinchenko

Addresses of Editorial Offices:
Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS
Tel.: (499) 135-70-41, (499) 135-70-31. Fax: (499) 135-54-15
E-mail: dynamics-journal@yandex.ru
http://www.ecosystemsdynamic.ru

MOSCOW

2018

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ:
ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 2, № 1, 2018, март
Журнал основан в январе 2017 г.
Выходит 4 раза в год

Главный редактор
доктор географических наук
Ж.В. Кузьмина

Редакционный совет:
член-корреспондент Российской академии наук В.И. Данилов-Данильян,
академик Российской академии наук К.Н. Кулик,
член-корреспондент Российской академии наук В.В. Мелихов,
академик Российской академии наук А.С. Рулев

Редакционная коллегия:
М.В. Болгов, А.С. Викторов, М.Ф. Вундцеттель, А.Н. Гельфан, Е.И. Голубева,
Л.П. Груздева, Т.В. Дикарева, Л.Г. Емельянова, Н.Г. Мазей, Н.М. Новикова,
Г.Н. Огуреева, Е.И. Панкова, С.А. Подольский, Е.Г. Суслова

Ответственный секретарь:
Е.И. Тоболова

Заведующий редакцией:
О.С. Гринченко

Адрес редакции:
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-41, (499) 135-70-31. Факс: (499) 135-54-15
E-mail: dynamics-journal@yandex.ru
http://www.ecosystemsdynamic.ru

Москва

2018

© Журнал основан в 2017 г.
Учрежден и издается
Институтом водных проблем Российской академии наук.
Журнал как сетевое издание зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций; свидетельство о регистрации: ЭЛ № ФС 77-68782 от 17.02.2017.
Журнал зарегистрирован в Национальном центре ISSN Российской Федерации, а также в научных электронных библиотеках НЭБ, РИНЦ, КиберЛенинка.

The journal has been founded in 2017.
It was founded and published by the
Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences.
The Journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (in Roskomnadzor) as a web Media;
Certification Number is ЭЛ № ФС 77-68782 of 17.02.2017.
The Journal is registered in National centre ISSN of Russian Federation, and also in scientific electron libraries Elibrary, Science Index, CYBERLENINKA.

Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте
http://www.ecosystemsdynamic.ru

Information about Journal and Rules for authors are at the site
http://www.ecosystemsdynamic.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Том 2, номер 1, 2018 март

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Об устойчивости экосистем

В.И. Данилов-Данильян 5-12

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ НООСФЕРЫ

Концепция взаимодействия этнополитических и природных систем в мире и в России

С.А. Подольский 13-33

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Solonetz Complex of the Northern Caspian Lowland: Phyto- and Pedodiversity, Relationships Between Soils, Microrelief and Plant Communities, Variation under Climate Changes and Grazing Impact

N.B. Khitrov, N.M. Novikova, A.A. Vyshivkin, N.A. Volkova 34-72

Особенности пространственного размещения и этологической структуры популяции сайгака на территории заказника «Степной» (Астраханская область)

Ю. Каримова, А.А. Лущекина 73-91

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Использование данных дистанционного зондирования Земли для изучения тундровых фитоценозов на примере водоохранных зон рек Ненецкого автономного округа

М.В. Козлова, Г.Ш. Турсунова, О.В. Горелиц, И.В. Землянов 92-111

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Ценотическое разнообразие и вопросы охраны растительного покрова ландшафтов Талдомского района Московской области

Аристархова Е.А., Суслова Е.Г., Тихонова Е.В. 112-137

CONTENTS

Volume 2, Number 1, 2018 March

THEORETICAL ISSUES OF ECOSYSTEMS FUNCTIONING

On Ecosystems Stability
V.I. Danilov-Daniliyan 5-12

PHILOSOPHICAL ASPECTS OF NOOSPHERE DYNAMICS

Concept of Interaction Between Ethno-Political and Natural Systems in Russia And Worldwide
S.A. Podolsky 13-33

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Solonetz Complex of the Northern Caspian Lowland: Phyto- and Pedodiversity, Relationships Between Soils, Microrelief and Plant Communities, Variation under Climate Changes and Grazing Impact
N.B. Khitrov, N.M. Novikova, A.A. Vyshivkin, N.A. Volkova 34-72

Features of the Spatial Distribution and Ethological Structure of Saiga Population within the "Stepnoy" Sanctuary (Astrakhan Oblast)
T.Yu. Karimova, A.A. Lushchekina 73-91

ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Remotely Sensed Data Usage for the Researches of Tundra Phytocenosis; a Case Study on the Water Protection Zones on the Nenets Autonomous District Rivers
M.V. Kozlova, G.Sh. Tursunova, O.V. Gorelits, I.V. Zemlianov 92-111

DISTRIBUTION AND PROTECTION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Phytocoenotic Diversity and Nature Protection in Taldomsky District of Moscow Region Landscapes
E.A. Aristarkhova, E.G. Suslova, E.V. Tikhonova 112-137

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2017, том 2, № 1, с. 5-12

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

УДК 574; 574.23; 573.22

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ

© 2018 г. В.И. Данилов-Данильян

Институт водных проблем РАН
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: vidd@iwp.ru

Определены три уровня устойчивости экосистем: первый – когда экосистема не выводится из климаксового состояния, второй – когда возврат к климаксовому состоянию обеспечивается восстановительной сукцессией, третий – когда в результате эволюционного процесса экосистема трансформируется в другую экосистему. Соответственно характеризуются воздействия на экосистему, ее ассимиляционный потенциал и несущая емкость.

Ключевые слова: экосистема, устойчивость, климаксовое сообщество, ассимиляционный потенциал, несущая емкость.

DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10001

Главное свойство экосистем – устойчивость

В нашей предыдущей статье (Данилов-Данильян, 2017) была сделана попытка кратко описать историю возникновения понятия *экосистема* и его фундаментальное значение для современной науки. В настоящей статье речь пойдет о важнейшем свойстве экосистем – их *устойчивости.*

Поскольку, как отмечалось ранее (Данилов-Данильян, 2017), общепринятого определения понятия *экосистема* нет, вначале придется – для логической связности изложения – воспроизвести приведенную там дефиницию. Экосистема – это любое функциональное единство (самого разного объема и ранга), включающее все организмы (т.е. биоценоз) на данном участке (биотопе) и взаимодействующее с абиотической средой таким образом, что поток энергии создает четкую трофическую структуру и круговорот веществ (т.е. обмен между биотой экосистемы и абиотической средой) в системе. Экосистемы характеризуются определенной стабильностью (устойчивостью) и обладают таким внутренним круговоротом веществ, который по объему превосходит обмен веществ системы с внешней средой.

Главное свойство экосистем – устойчивое воспроизводство себя самой в условиях непостоянной, изменчивой внешней (а также и внутренней!) среды. На первый взгляд, здесь все понятно, т.е. логические связи использованных слов соответствуют интуитивному восприятию смысла каждого из них. Однако попытки найти более точные формулировки, соответствующие не только интуитивному, но и строго научному восприятию текста, приводят к чрезвычайным трудностям.

Понятие *устойчивость* определяется и формализуется по-разному в зависимости от изучаемой предметной области. В самом общем понимании (Данилов-Данильян, 2003) система устойчива, если при всех изменениях окружающей среды (воздействиях, возмущениях) из определенного класса она сохраняет некий инвариант, т.е. у нее (в ней) не изменяется (не уничтожается, сохраняется, продолжает выполняться, соблюдаться, существовать) какое-либо свойство (или отношение, ограничение, элемент системы); в скобках приведены частично синонимичные термины, чтобы представить как можно более широкую трактовку понятия. Конечно, речь должна идти не о чем-либо маловажном, а о самых *главных* аспектах существования той системы, устойчивость которой нас интересует. И важнейшая теоретическая проблема состоит именно в выявлении *главного* для данной

системы – того, что при любых «поворотах» должно быть сохранено (несколько проще описать множество рассматриваемых возможных изменений и воздействий на систему).

В кибернетике *устойчивость* сводят к *гомеостазу* (Эшби, 1962) – это свойство системы сохранять значения своих существенных переменных в допустимых пределах несмотря на изменения во внешней среде (понятие заимствовано из физиологии – и работы W.B. Cannon (1932)). При таком подходе *главное* в системе получает более узкую трактовку и новое название – *существенные переменные*, но от этого задача не упрощается. Термин *существенные переменные* имеет очевидный количественный, математический смысл, речь должна идти об измеримых характеристиках или свойствах системы. В случае механических, физических, технических систем требование измеримости характеристик – естественное и уже давно необходимое, но выполнять его для живых систем наука умеет далеко не всегда, тем реже, чем сложнее система. А что может быть сложнее *экосистемы*? Даже уточнение (конкретизация) этого понятия в соответствии с требованиями точных наук – само по себе проблема, которая заведомо решается не однозначно.

Термин *воспроизводство* не имеет строгого определения, в каждой науке его толкуют по-своему и, соответственно, по-разному, смысл его в конкретных случаях полностью зависит от того, какого рода система рассматривается. Даже в одной науке, например, в экономике, он трактуется совсем неодинаково для экономических (тем более социально-экономических) систем различных уровней (национального, регионального, отраслевого, уровня фирмы) и даже для различных уровней анализа одной и той же системы (макро- и микроуровня).

Живые системы постоянно изменяются, и если их состояние понимать в узком физическом смысле (набор молекул различных веществ, характеризуемый их расположением в пространстве, связями между ними, воздействующими на них силами, а также параметрами различных физических полей в этой части пространства), то никакое из состояний никогда не повторяется и, стало быть, не воспроизводится и в этом смысле не является устойчивым. Если изучается воспроизводство экосистемы, то речь должна идти, очевидно, не о ее физических или химических характеристиках, а прежде всего о биологических, хотя в анализе при этом без обращения к физическим и, особенно, химическим аспектам обойтись никак нельзя, ибо бессмысленно рассматривать ***экосистему*** без ее взаимодействий с окружающей средой – в том числе и абиотической. Нет сомнений в том, что воспроизводство экосистемы и ее устойчивость могут быть раскрыты именно в таком ключе, но вряд ли при этом удастся добиться какой-либо формальной однозначности, ибо сложность и многоаспектность изучаемого феномена таковы, что само представление о воспроизводстве и устойчивости экосистем придется структурировать соответственно различным сторонам и этапам их существования и развития.

Ординарные воздействия и устойчивость климаксового состояния экосистемы

Внешняя окружающая среда никогда не бывает постоянной, и экосистема реагирует на все те события (и процессы), происходящие в ней, которые хотя бы в малой степени ее затрагивают. Кроме того, и в самой экосистеме происходят различные события, вызывающие ту или иную реакцию ее организмов и популяций. Геном каждого организма (или, как предпочитали говорить три-четыре десятилетия назад, биологического вида) содержит информацию, необходимую для его построения и поддержания. Ее обязательной составной частью являются данные о том, как организм должен реагировать на определенный «набор» возможных событий, явлений во внешней для него среде. Это те явления, параметры которых лежат в границах естественной изменчивости абиотических факторов (например, характеристик погоды, включая температуру, влажность, освещенность и пр.), а также

события, происходящие в экосистеме вследствие таких явлений (например, для хищника – сокращение численности популяции жертв). На подобные явления и события экосистема реагирует лишь количественными изменениями. При неблагоприятных условиях (например, холодное «мокрое» лето) экосистема производит меньше биомассы, хотя отдельные виды (прежде всего, некоторые сукцессионные) могут произвести ее больше, чем в «средний» год. Однако видовой состав биоценоза не претерпит изменений, встречаемость видов изменится незначительно (если дело касается только одного года; на многолетних растениях и живущих по нескольку лет животных – по крайней мере, для большинства – такая краткосрочная «неблагоприятность» вообще почти не скажется). Экосистема не выйдет из климаксовой фазы – это главная характеристика подобных воздействий с позиций экосистемы. Такие воздействия (кибернетический синоним – *возмущения*), которые не выводят экосистему из климаксовой фазы, будем называть *ординарными*.

Если вспомнить термин *состояние* экосистемы, употребленный выше, то, очевидно, что климаксовой фазе соответствует множество *физических* состояний экосистемы, причем необозримое. Но с экологической (и биологической) точки зрения климаксовая фаза – лишь одно из возможных состояний системы, ее основное состояние. Это состояние воспроизводится тождественно самому себе в самом точном (и элементарном!) смысле. Другие ее состояния – это все фазы восстановительной сукцессии. Только климаксовое состояние можно считать устойчивым, причем эта устойчивость вовсе не абсолютна, она имеет место только тогда, когда экосистема подвергается ординарным воздействиям. Все остальные состояния экосистемы – неустойчивы, каждое из них должно смениться следующей фазой сукцессии. Но воспроизводство климаксового состояния и его устойчивость относительно ординарных воздействий – это еще не воспроизводство и устойчивость самой экосистемы.

Химическое загрязнение и ассимиляционный потенциал

Здесь представлено воздействие среды на экосистему «с точки зрения» ее самой, «изнутри». Посмотрим на ситуацию с другой стороны, «извне», «снаружи», со стороны среды. Человека, естественно, больше всего интересуют антропогенные возмущения, так как именно они определяют облик экосистем в заселенных и экономически освоенных регионах. Из многообразных воздействий такого рода лучше всего (хотя и совершенно недостаточно) изучено химическое загрязнение. «До каких пор» можно загрязнять экосистему? Для ответа на этот вопрос в экологии сформировано понятие, для названия которого известны практически синонимичные термины: *ассимиляционный потенциал* и *предельная нагрузка* (в дальнейшем используется только первый из них). Оно, вообще говоря, характеризует экосистему (ведь на нее смотрят «снаружи»), а не возмущения, хотя, естественно, характеристика последних при этом тоже получается, как бы в качестве побочного результата. Для случая воздействия одним загрязняющим веществом (ЗВ) ассимиляционный потенциал экосистемы – это то предельное количество вещества, с которым экосистема способна «справиться», то есть сохранить экологическое равновесие, устойчивость, не выйти из климаксового состояния (если речь идет о загрязнении воды или воздуха, то вместо количества ЗВ удобнее оперировать его концентрацией). Иными словами, это максимальное из ординарных воздействий (если смотреть «изнутри» экосистемы).

Оценка ассимиляционного потенциала по одному ЗВ представляется не самой сложной задачей, если предположить, что загрязнение им – единственное негативное воздействие на экосистему. Ассимиляционный потенциал по одному ЗВ – это такой объем загрязнения им, превышение которого выводит экосистему из климаксового состояния и, соответственно, инициирует восстановительную (вторичную) сукцессию. Для оценки ассимиляционного

потенциала экосистемы не обязательно проводить активные эксперименты, без них можно обойтись, если имеется достаточно информации о наблюдениях за экосистемами изучаемого типа в неэкспериментальных («реальных») условиях.

Но загрязняющих веществ много. Предположение о единственности ЗВ можно заменить на более общее: пусть таких веществ, поступающих в экосистему, более одного, важно, чтобы результат воздействия каждого из них не зависел от воздействий других ЗВ, т.е. отсутствовали ***суммативные*** (сочетанные) эффекты, когда загрязнение каким-либо веществом усиливает негативное действие, производимое другим ЗВ. Даже при этом, далеком от реальности, предположении свести воздействия нескольких ЗВ к одному обобщающему показателю совсем не просто, любые подобные (синтетические) показатели строятся на основе произвольных предположений и неизменно встречают активную критику. Естественно, самый распространенный способ – «соизмерение» различных ЗВ по степени их токсичности, этот способ более или менее работоспособен, когда изучается воздействие на один вид (человек) или группу достаточно близких видов (промысловые рыбы). Но как быть, если объект воздействия – экосистема с ее биоразнообразием? Однако можно пойти другим путем и вместо поиска скалярного (одномерного) представления перейти к векторному (многомерному). Следует определить ассимиляционный потенциал экосистемы для каждого ЗВ, и набор этих величин (вектор в n-мерном пространстве, где n – количество рассматриваемых ЗВ) характеризует ассимиляционный потенциал экосистемы для совокупности ЗВ. Если в случае одного ЗВ ординарные воздействия изображаются отрезком на оси (точнее, полуоси неотрицательных значений) от нуля до точки, соответствующей ассимиляционному потенциалу, то в случае n «независимых ЗВ в качестве описания множества ординарных воздействий получим прямоугольный параллелепипед в n-мерном пространстве (точнее, в его неотрицательном квадранте; при n=2 – прямоугольник). «Северо-восточная» часть границы этого тела (то есть грани, не находящиеся полностью на координатных плоскостях) – это геометрический образ ассимиляционного потенциала при сделанных допущениях.

Однако суммативные эффекты практически всегда обнаруживаются при изучении реакции экосистемы на воздействие нескольких ЗВ. Более того, подобные эффекты хорошо известны и при сочетании загрязнений с другими факторами, например, недостатком растворенного в воде кислорода. Одна и та же концентрация ЗВ оказывает на рыбу различное воздействие в зависимости от содержания растворенного в воде кислорода. Для представления множества ординарных воздействий в *реальных* ситуациях n-мерный прямоугольный параллелепипед – заведомо неадекватный геометрический образ. Учет суммативных воздействий приведет к тому, что этот гипотетический параллелепипед сожмется до расположенного внутри него тела, заметно меньшего по объему. «Северо-восточная» часть его границы – геометрический образ ассимиляционного потенциала экосистемы – представляет собой поверхность, которую при n>3 вряд ли удастся аналитически (то есть формулой) описать даже в грубом приближении. Но к этому не следует и стремиться, при анализе состояния экосистем в подобных случаях удобнее и надежнее пользоваться методами биоиндикации (помимо всегда необходимых наблюдений – контактных и дистанционных, нередко дающих убедительную информацию для аналогий, то есть сопоставления состояний одинаковых по структуре экосистем, находящихся под разным антропогенном давлением). Однако даже абстрактные геометрические рассуждения очень полезны для того, чтобы систематизировать представления о воздействиях неблагоприятных факторов и о действительной сложности феноменов, с которыми приходится иметь дело при изучении устойчивости экосистем.

На рисунке представлен условный пример для n=2. Здесь $\boldsymbol{X_1}$ – ассимиляционный потенциал для 1-го ЗВ, если загрязнение производится только им, $\boldsymbol{X_2}$ – то же для 2-го ЗВ,

прямоугольник $\mathbf{0}X_2\mathbf{A}X_1$ изображает множество ординарных воздействий при отсутствии суммативного эффекта, фигура $\mathbf{0}X_2\mathbf{Q}X_1$ – то же при наличии такого эффекта, кривая $X_2\mathbf{Q}X_1$ («северо-восточная» граница этой фигуры) – ассимиляционный потенциал в случае суммативного эффекта.

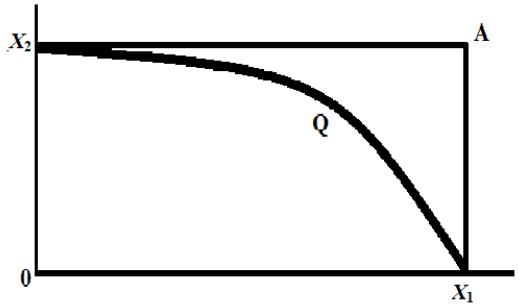


Рис. Ассимиляционный потенциал экосистемы в случае двух ЗВ.
Fig. Assimilatory potential of ecosystem, affected by two pollutants at once.

Для количественной оценки качества окружающей среды (точнее, воздуха, воды и почвы) в условиях химического загрязнения используются показатели предельно допустимых концентраций (ПДК). Не вдаваясь в подробности, ПДК можно определить как максимальную концентрацию ЗВ в окружающей среде, не вызывающую негативных последствий для организма и репродуктивного потенциала человека или другого объекта воздействия (например, промысловых рыб). Очевидно принципиальное различие ассимиляционного потенциала и ПДК: в первом случае речь идет о внешнем воздействии на экосистему как целое, во втором – рассматривается воздействие загрязненной окружающей среды на находящийся в ней объект. Однако оценка ассимиляционного потенциала и исчисление ПДК сталкиваются во многом с одними и теми же трудностями. Среди них не только проблема суммативных эффектов (в некоторых случаях удалось разработать ПДК при сочетанном действии двух и даже трех ЗВ). ПДК различаются не только по объекту воздействия, но и, например, по учитываемому времени воздействия – фоновые ПДК, разовые ПДК и пр. Учет подобных обстоятельств в анализе устойчивости экосистем, конечно, не только желателен, но необходим, однако лишь применительно к анализу конкретных экосистем, а данная краткая статья посвящена только общим принципиальным вопросам.

Три уровня устойчивости экосистем

Антропогенные воздействия на экосистемы отнюдь не сводятся к химическому загрязнению даже и с суммативными эффектами. Обычные явления – бактериальное загрязнение, различные виды физических воздействий (радиационное, шумовое, вибрационное и т.д.), лесные, степные и тундровые пожары, рассечение биотопов дорогами и другими коммуникациями, приводящее к фрагментации экосистем, и т.п., не говоря уже об уничтожении экосистем или их замене агроценозами, селитебными системами и пр. Если даже химические загрязнения не удается свести к одному обобщающему показателю, то подобная задача тем более неразрешима для всего необозримого множества разнообразных воздействий. И все же, какие бы чрезвычайно сложные методологические проблемы ни возникали при попытках количественного описания совокупных воздействий, испытываемых экосистемами в нынешних условиях общего экологического неблагополучия в биосфере Земли, при анализе устойчивости экосистем приходится оперировать именно термином *воздействие* (или *возмущение*).

Во втором разделе данной статьи воздействия, которые не выводят экосистему из климаксовой фазы, были названы *ординарными*. Реакция экосистемы на такие воздействия – количественные изменения, не затрагивающие ее структуру, существовавшую до

воздействия и соответствующую климаксовому состоянию. Эта структура инвариантна по отношению к ординарным изменениям. Сообщество доминантных для климаксовой фазы видов воспроизводится без изменений при любых ординарных воздействиях на экосистему. Но устойчивость экосистемы относительно ординарных изменений – это только *первый уровень* ее устойчивости.

Если воздействие выводит экосистему из климаксового состояния, но не разрушает ее, будем называть его *экстраординарным*. Из этого определения следует, что экстраординарное возмущение инициирует процесс восстановительной, или вторичной, сукцессии в экосистеме. Но каждая стадия сукцессии имеет свою, характерную именно для нее структуру, заведомо отличную от климаксовой фазы. Эти структуры различаются между собой наборами доминантных видов; на каждой стадии восстановительной сукцессии свойственные именно ей доминантные виды создают среду, наиболее благоприятную не для самих себя, а для доминантного сообщества следующей стадии. Завершается вторичная сукцессия восстановлением климаксового состояния, демонстрируя тем самым, что экосистема обладает устойчивостью *второго уровня* – свойством реагировать на значительные (экстраординарные) внешние воздействия возвращением к исходному состоянию после серии структурных изменений.

На первом уровне устойчивости при любых ординарных воздействиях экосистема сохраняет свою климаксовую структуру. На втором уровне устойчивости она остается тождественной самой себе при любых экстраординарных возмущениях благодаря способности изменять структуру в процессе восстановительной сукцессии. Эти изменения структуры не произвольны, они запрограммированы в «геноме» экосистемы – сложнейшей информационной структуре, включающей геномы всех видов, которые составляют соответствующий биценоз. Разные восстановительные сукцессии одной и той же экосистемы (в различные периоды ее существования), конечно, протекают несколько по-разному, в зависимости от «повреждений», нанесенных экстраординарным воздействием, и абиотических условий, никогда точно не воспроизводящихся, подобно тому как подлинные близнецы, имеющие один и тот же геном, при всем своем сходстве все же несколько различаются из-за нетождественности фенотипов.

Взгляд «со стороны» экосистемы на исходящие из внешней среды возмущения при анализе устойчивости второго уровня приводит к понятию *экстраординарных воздействий* (подобно тому, как для первого уровня устойчивости, – ординарных). Подход со стороны «производителя» воздействий приводит к понятию *несущей емкости* экосистемы – это предельное возмущение, превышение которого приводит к утрате экосистемой способности к восстановительной сукцессии, деградации и гибели, при этом в лучшем случае на биотопе исчезающей экосистемы начинается процесс первичной сукцессии, который приводит к возникновению другой экосистемы, почти наверняка более бедной разнообразием и продуктивностью. Классический пример событий такого рода – судьба тайги Северного Сахалина. Покидая вначале 1920-х гг. эту территорию, японцы вырубили и вывезли практически весь лес, и он не восстановился, на его месте образовалась тундра (антропогенная!). Воздействие на лесную экосистему оказалось не экстраординарным, а *разрушающим*; видимо, образование лесной экосистемы происходило в более благоприятных абиотических условиях, чем были во время вырубки, и новые условия для начальных стадий восстановительной сукцессии (но не для климаксовой стадии!) оказались неприемлемыми.

У термина *несущая емкость* имеются синонимы: *хозяйственная емкость* (подчеркивается антропогенный характер изучаемых возмущений), *экологическая емкость*, *предел возмущения* и др. Трудность всех проблем, которые возникают при попытках количественно определить ассимиляционный потенциал экосистемы, умножаются, когда дело касается ее несущей емкости. Никаких возможностей выразить количественно одним

скалярным показателем совокупность антропогенных воздействий на любую экосистему в настоящее время не просматривается. Безнадежными представляются и попытки найти способ оценки несущей емкости через какой-либо косвенный показатель, не формируемый на основе свертки частных показателей, например, в таком качестве рассматривался антропогенный поток энергии через экосистему. Мало того, что содержательных аргументов против такого выбора гораздо больше, чем за него, – нет (и пока не предвидится) никаких строгих методик его расчета и никаких надежд на получение приемлемых по точности исходных данных для этого. Еще в 1994 г. британский исследователь М.У. Холдгейт заметил: «Многие экологи сломали свои интеллектуальные зубы на концепции несущей емкости. Это одна из самоочевидных привлекательных идей, которую очень трудно приложить к конкретным деталям» (Holdgate, 1994).

Восстановительные сукцессии в неблагоприятных абиотических условиях требуют нескольких сотен лет (северная тайга, тундровые экосистемы и т.п.). Длительность этого периода может служить объективной характеристикой благоприятности таких условий. Но обратимся к гораздо более протяженным периодам, сопоставимым со средним временем существования биологического вида (несколько миллионов лет). За такой период экосистема, вероятно, переживет много сукцессий. Если все они завершаются восстановлением одного и того же климаксового сообщества, то все происходящее с экосистемой соответствует второму уровню ее устойчивости. Но каждая экосистема имеет потенциал генетических изменений, который, если она существует достаточно долго, в той или иной мере и форме реализуется. Причины закрепления (а не отбраковки) генетических изменений могут быть как внешними – переход окружающей среды в другое состояние, изменение ее «режима», – так и внутренними, когда в экосистеме вследствие мутаций, происходящих в относительно устойчивой внешней среде, активизируется процесс видообразования. При этом в биоценозе происходит одновременное синхронизированное изменение ряда взаимодействующих видов – их *коэволюция*; видимо, при достаточно развитой биосфере ни один новый вид не возникает отдельно, независимо от других, «самостоятельно». Переходные формы быстро исчезают, и экосистема оказывается другой – преобразованной, с другим видовым составом, в котором преобладают новые виды, хотя некоторые из прежних, особо устойчивые к таким сдвигам, могут долго оставаться неизменными в длинном ряду чередующихся экосистем.

Независимо от причин, приводящих к эволюционному преобразованию прежней экосистемы в другую, новую, этот процесс демонстрирует устойчивость экосистемы на более высоком – третьем уровне. На первом уровне неизменным оставалось сохранение климаксового состояния, его непрерывное воспроизводство – устойчивость относительно ординарных воздействий. На втором уровне неизменной оставалась сама конкретная экосистема, в которой сукцессионно воспроизводилось климаксовое сообщество даже после его разрушения – устойчивость относительно экстраординарных воздействий. На третьем уровне система радикально преобразовывается, меняется ее структура, она превращается в другую экосистему, обладающую устойчивостью на первом и втором уровнях, но, так же, как и ее «прародительница», имеющую генетический потенциал к новым проявлениям устойчивости – на третьем уровне. Что при этом остается неизменным, что воспроизводится – соответственно тому пониманию устойчивости, которое было описано в первом разделе статьи? Воспроизводится сама жизнь, пользуясь философской аналогией – по Платону (не более чем аналогией!) – воспроизводится *идея* экосистемы. Такая устойчивость, при которой система для сохранения своих существенных переменных (а в нашем неточно определенном случае лучше сказать – своей сущности) изменяет свою структуру, названа У.Р. Эшби (1962) *ультраустойчивостью*. Если за систему принимать конкретное биокосное образование (Вернадский, 1960), в каждый момент своего существования представляющее

собой определенную экосистему, то именно оно и обладает устойчивостью третьего уровня, а сменяющие одна другую экосистемы, в форме которых оно пребывает, суть явления этой сущности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данилов-Данильян В.И. 2003. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ) // Экономика и математические методы. Т. 39. Вып. 2. С. 123-135.

Данилов-Данильян В.И. 2017. Экосистема – одно из важнейших фундаментальных понятий современной науки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 5-9.

Вернадский В.И. 1960. Биосфера // Избранные сочинения. Т. 5. М.: Изд-во АН СССР. С. 7-104.

Эшби У.Р. 1962. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения. М.: ИЛ. 397 с.

Cannon W.B. 1932. The Wisdom of the Body. L.: W.W. Norton Company. 340 p.

Holdgate M.W. 1994. Ecology, Development and Global Policy // Journal of Applied Ecology. 31. № 2. P. 201-211.

ON ECOSYSTEMS STABILITY

© 2018. V.I. Danilov-Daniliyan

Water Problems Institute of RAS
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: vidd@iwp.ru

Three levels of ecosystem stability are defined: 1 – the ecosystem is not removed from the climax state, 2 –the return to the climax state is ensured by successive succession, 3 –the ecosystem transforms into another ecosystem as a result of the evolutionary process. Accordingly, the impacts on the ecosystem, its assimilation potential and carrying capacity are characterized.

Keywords: ecosystem, stability, climax community, assimilation potential, carrying capacity.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10001

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 1, с. 13-33

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ НООСФЕРЫ

УДК 316.42; 364.142; 504.03

КОНЦЕПЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭТНОПОЛИТИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ В МИРЕ И В РОССИИ

© 2018 г. С.А. Подольский

Институт водных проблем РАН
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: sergpod@mail.ru

Неоднородность природных условий на нашей планете объективно обусловливает наличие разных народов и многообразие форм их самоорганизации – этнополитических систем. Для каждого крупного этнического образования (суперэтнос, культурно-исторический тип), связанного с конкретной географической территорией, присущ свой оптимальный набор политических режимов – «зона этнополитического комфорта». Она представляет определенное сочетание трех факторов: отношение к собственности, отношение к власти, отношение к этническому и природному окружению. Если построить по градациям этих признаков трехмерную систему координат, то в таком «этнополитическом пространстве» найдут свое место большинство политических систем любых народов.

Чтобы проиллюстрировать возможности предложенного метода, приведены примеры политических систем, соответствующих восьми экстремальным точкам данного условного пространства, шесть из которых имеют реальное содержание (фашизм, «Коминтерн», «береговое братство» пиратов Карибского моря, социал-дарвинизм, рыночная глобализация). Реальные «экстремальные» политические системы при всей несхожести имеют несколько общих черт. Они крайне неустойчивы, недолговечны, в большинстве своем кровавы и античеловечны. Две гипотетические точки имеют мистическое содержание («золотой век» (Эдем), «начало апокалипсиса» (приход к власти Антихриста)).

На исторической арене чаще действуют относительно умеренные общественные системы, удаленные от экстремальных границ условного этнополитического пространства. В истории каждого народа помимо полос неудач, революций и смут есть более или менее длительные периоды относительного благополучия. В разное время они связаны со сходными политическими системами. На основании краткого исторического анализа установлено, что для русского культурно-исторического типа оптимальные политические системы предполагают сильную, но ограниченную власть; четко выраженный, но неагрессивный патриотизм; достаточно индифферентное отношение к частной собственности. Для Западноевропейского суперэтноса можно выделить другие характерные признаки: децентрализованная, но достаточно эффективная власть, соответствующая традициям западных демократий; явное высокомерие по отношению к окружающим народам, порой граничащее с шовинизмом; максимально уважительное отношение к частной собственности.

Отступление от оптимальных показателей часто ввергает народы в пучины бедствий. Губительны попытки искусственно навязывать одному народу политическую систему, характерную для другого. Не менее опасны экстремальные отклонения любых факторов – они снижают политическую стабильность. Но наибольшую угрозу для устойчивости любой этнополитической системы представляет утрата народом объединяющей неутилитарной «высшей» идеи. Кроме перечисленных внутренних факторов нарушение и даже разрушение политических систем может быть вызвано внешними воздействиями: резкими изменениями среды обитания, которые обусловлены естественными природными или антропогенными процессами: изменениями притока солнечной радиации и других космических процессов, вулканических и тектонических процессов, климатическими изменениями, изменениями газового состава атмосферы, крупномасштабными нарушениями растительного и почвенного покрова и др.).

В современном мире быстро активизируются механизмы социально-экологической

дестабилизации и разрушения разнообразия этносферы. Россия – одна из немногих стран, имеющих потенциальную возможность эффективно противостоять этим деструктивным процессам.
Ключевые слова: суперэтнос, культурно-исторический тип, среда обитания, естественные природные и антропогенные процессы, этнополитическая система.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10002

Выбор пути нашей страны в современном жестком, нестабильном мире… Трудно сейчас найти в России более обсуждаемую тему. Но, увы, не видно пока ясного направления. Как совместить стремление к экономической и финансовой независимости с хранением денежно-валютных резервов в иностранных банках? Чего стоят заявления о «социально-ориентированной экономике» на фоне беспрецедентного разрыва между доходами богатых и бедных при катастрофическом росте стоимости услуг ЖКХ, зачастую превышающей среднюю величину зарплаты жителей небольших городов Сибири и Дальнего Востока? Как уживаются патриотическая риторика и демонстрируемая религиозность власть имущих с запретом или ограничением на преподавание «Основ Православной культуры» и засильем худших образцов западной «масс-культуры» в российском информационном пространстве? Как связать демонстративную заботу об экологической безопасности и разовые природоохранные акции с принятием «грефовского» Лесного кодекса и других нормативных актов, фактически стимулирующих бесконтрольное природопользование? Вряд ли подобные метания выведут нас из темного лабиринта безвременья. Где искать заветную «нить Ариадны»?

Этнополитическое пространство

Для начала постараемся понять, чем определяется «лицо» политической системы. Нет политики без народа. Любая крупная социальная структура связана с конкретным этносом или суперэтносом, в понимании Л.Н. Гумилева (1990), и потому является этнополитической. Казалось бы, нет ничего запутаннее политики: левые, правые, либералы, консерваторы, виги, тори, демократы, республиканцы и многие другие. Причем эти понятия могут еще периодически меняться местами. Например, на закате «перестройки» коммунистов причисляли к «правым», а «демократов»-ультралибералов относили к «левым», иногда называя «необольшевиками».

Для прояснения ситуации будет полезно учесть опыт применения естественнонаучного методологического подхода, разработанного В.Н. Сукачевым (1972) для классификации типов лесов. Она основана на координатной сетке по типу креста. По осям откладываются значения факторов, наиболее важных для формирования лесной растительности: по одной оси – трофность почв, по другой – их влажность. Для каждого типа леса существует оптимальное сочетание показателей трофности и влажности почв, которое может быть отражено на графической схеме.

Для этнополитических систем также необходимо найти объективные критерии, позволяющие четко идентифицировать любую из них вне зависимости от сиюминутных колебаний общественного мнения. На наш взгляд, основных критериев всего три: отношение к частной собственности; отношение к власти; отношение к окружающему миру, включая соседние народы и государства. Рассмотрим подробнее каждый из признаков.

Отношение к собственности. В данном контексте имеется в виду не количество и качество материальных благ в том или ином социуме, а отношение людей к идее частной собственности. Здесь на одном полюсе будут «крайние правые», почитающие собственность священной, считающие личное накопительство одним из важнейших жизненных ориентиров; на другом полюсе «крайние левые» – вообще не признающие право человека на

частную собственность.

Отношение к власти. Элементы иерархии присутствуют в любом коллективе, но сила власти может резко различаться. Под «силой» здесь понимается соотношение следующих показателей: легитимность, способность к принуждению и степень концентрации. Максимальную власть условно назовем «диктатурой»; безвластие – «анархией».

Отношение к окружающему миру и соседним народам. Полную замкнутость на себе, вплоть до непризнания права «соседей» иметь иные обычаи и убеждения, условно назовем «местничеством»; растворение в окружающих социальных системах, включая отказ от этнической самоидентификации – «космополитизмом».

Между крайними показателями трех перечисленных признаков можно выделить сколь угодно много градаций. Построим трехмерную систему координат (объемный шестилучевой крест), где осями будут: отношение к собственности (по шкале OX), к власти (по шкале OY) и окружающему миру (по шкале OZ; рис. 1). При этом становится очевидным, что большинство политических систем любых народов достаточно четко задается всего тремя координатами и находит свое место в условном «этнополитическом пространстве».

Экстремальные политические системы

Чтобы проиллюстрировать возможности предложенного метода, посмотрим, каким политическим системам соответствуют 8 экстремальных точек данного условного пространства (рис. 1).

– Сочетание диктатуры, крайнего местничества (шовинизма) и доминирования крупного капитала представляет классический немецкий, итальянский или иной фашизм.

– Диктатура пролетариата, отрицающая частную собственность и стремящаяся к мировому господству (космополитизму), дает «Коминтерн».

– Если в предыдущей политической системе космополитизм заменить на шовинизм, получим маоизм – режим красных кхмеров Полпота или что-либо подобное.

– Отрицание права на собственность («было ваше, станет наше»), анархия и полный космополитизм выводят на «Береговое братство» пиратов Карибского моря.

– Практически полное безвластие, абсолютный приоритет материальных ценностей (крайние правые) и предельный шовинизм соответствуют идеологии социал-дарвинизма: «человек человеку (народ народу) – волк». В реальной политике подобные системы встречаются нечасто. В настоящее время в качестве примера можно привести только ситуацию на Украине, начиная с «оранжевой революции» 2004-2005 гг. и продолжая современной гражданской войной и постепенной дезинтеграцией.

– Одну из экстремальных точек этнополитического пространства занимает широко известная доктрина рыночной глобализации. Она характеризуется ориентацией на постоянное получение сверхприбыли, стремлением к космополитизму и практически полным безвластием. Здесь требуется пояснить, что под властью мы понимаем реализацию волевых устремлений человека или группы людей. При рыночной глобализации реальную власть имеют не люди, а виртуальные денежные потоки. То есть, власть вроде присутствует, но она «нечеловеческая». Рабочие, инженеры, банкиры, менеджеры, по сути, выполняют роли винтиков и шестеренок в глобальной машине выкачивания сверхприбыли из человечества и биосферы.

В этнополитическом пространстве есть еще две экстремальные точки, имеющие не столько практическое, сколько мистическое значение.

– Существует идеализированное представление о «Золотом веке», когда первые древние люди, тесно связанные со щедрой окружающей природой, не нуждались ни в личной

собственности, ни во власти: делить было нечего – всем всего хватало. Несмотря на отсутствие достоверных данных, давностью в несколько десятков тысячелетий, эту модель нельзя игнорировать. В религиозном мировоззрении она близка к понятию Эдема до грехопадения человека.

– Последняя экстремальная точка обладает сочетанием признаков, никогда не отмечавшихся в реальной истории, однако она отвечает представлениям о начале апокалипсиса – пришествии царства Антихриста. Действительно: абсолютная собственность, полный космополитизм и абсолютная единоличная власть – все признаки налицо.

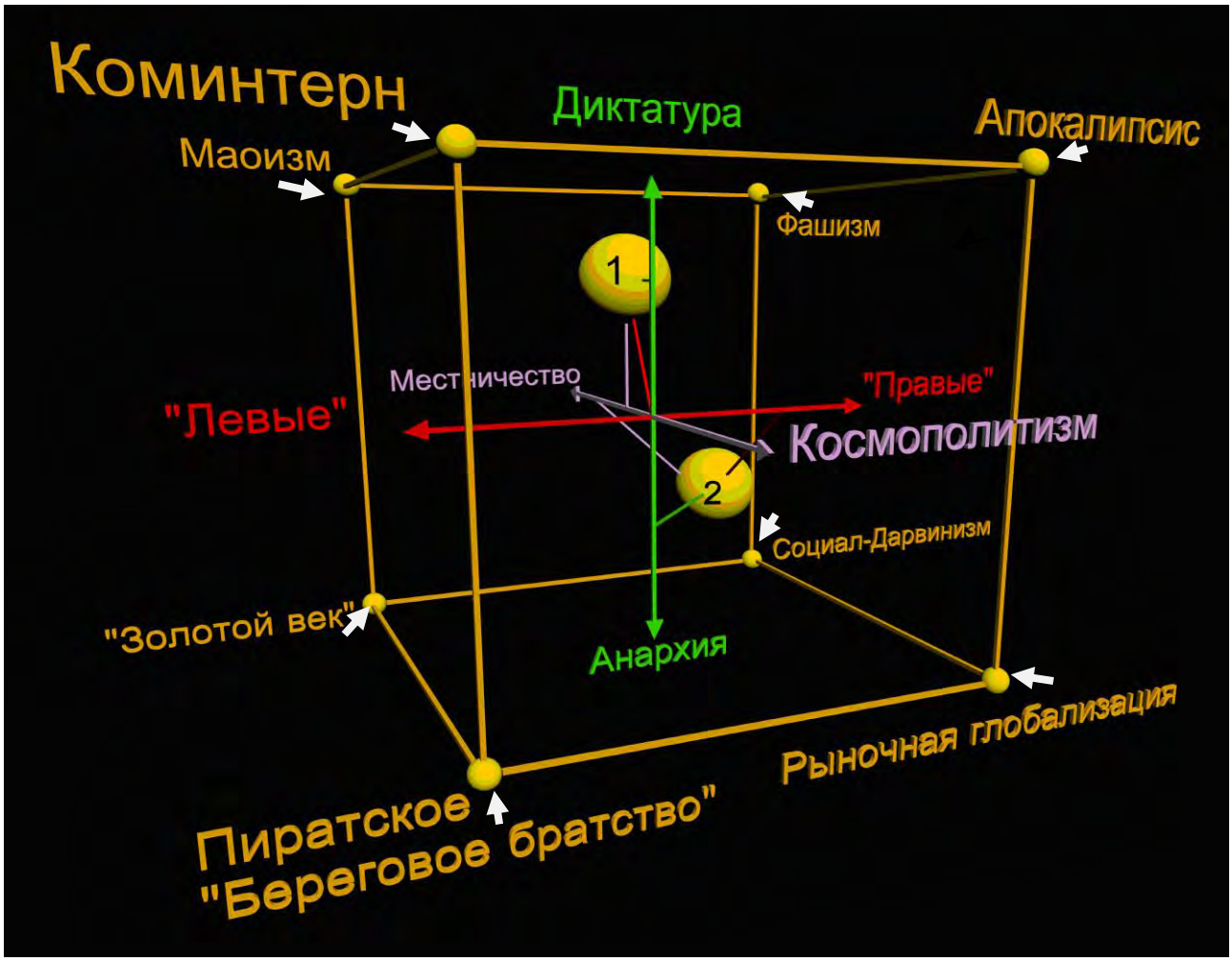


Рис. 1. Схема этнополитического пространства. *Условные обозначения*: 1 – зона этнополитического комфорта Российского суперэтноса; 2 – зона этнополитического комфорта Западноевропейского суперэтноса. **Fig. 1.** Scheme of relative ethno-political space. *Legend*: 1 – area of ethno-political comfort of the Russian super ethnos; 2 – area of ethno-political comfort of the Western European super ethnos.

Неужели все так безнадежно и история человечества от «Золотого века» неминуемо придет к «апокалипсису»? Вряд ли. Скорее, особое противостоящее положение мистических точек в этнополитическом пространстве можно рассматривать как серьезное предупреждение безответственным политикам, готовым «плыть по течению».

Реальные «экстремальные» политические системы при всей несхожести имеют несколько общих черт. Они крайне неустойчивы, недолговечны, в большинстве своем

кровавы и античеловечны.

Одним из критериев проверки научной концепции служит оправданность сделанных на ее основе прогнозов. Так, пользуясь изложенным подходом, вывод о назревающих жестоких столкновениях и массовых репрессиях на Украине был сделан задолго до известных событий 2014 года (Подольский, 2010).

Периоды относительного благополучия в истории нашей страны

На исторической арене чаще действуют относительно умеренные общественные системы, удаленные от экстремальных границ условного этнополитического пространства. В истории каждого народа вместе с полосами неудач, революций и смут есть более или менее длительные периоды относительного благополучия. Они могут характеризоваться целым рядом признаков: ростом населения; развитием науки и искусства; пропорциональным улучшением условий жизни всех социальных групп; установлением законов, считающихся справедливыми большей частью населения; наличием общенациональной неутилитарной идеи; успешным отражением внешних агрессоров; минимальным количеством самоубийств и других антисоциальных явлений. Логично предположить, что у каждого народа такие периоды в разное время связаны со сходными политическими системами.

Проверим это предположение на примере России. Здесь необходимо оговориться, что в рамках данной концепции наиболее целесообразно рассматривать не народы (этносы) и даже не суперэтносы, а цепочки сменяющих друг друга суперэтносов, более всего отвечающих понятию «культурно-исторический тип» (Данилевский, 1869).

Постараемся определить периоды относительного благополучия государственных образований восточных славян от времен Киевской Руси до наших дней. Для Киевской Руси можно выделить временные отрезки с относительно сильной централизованной властью, например, годы княжения Владимира Святославовича (980-1015 гг.), Ярослава Мудрого (1019-1054 гг.), Владимира Мономаха (1113-1125 гг.) и его сына Мстислава Великого (1125-1132 гг.), умело продолжавшего политику отца. Тогда Русь обрела единую Православную веру, первый свод законов «Правда Русская» (1940-1963), объединенными силами успешно отражала набеги кочевников. По числу городов, уровню грамотности, мастерству ювелиров и зодчих Русь тогда заметно опережала Западную Европу.

Следующие два отрезка относительного благополучия русского народа приходятся на период «Московской Руси». Первый – начиная с княжения Дмитрия Донского (1363) до разгула «опричнины» Ивана Грозного (1565 г.), второй – с окончания «смутного времени» (1613 г.) до воцарения Петра I (1696 г.). Освобождение от внешней политической и экономической зависимости («ига»), улучшение условий жизни крестьян вследствие прекращения постоянных набегов, рост народонаселения, значительное усиление авторитета иерархов Православной церкви (Митрополит Алексий, Преподобный Сергий Радонежский и др.), оформление и принятие национальной идеи «Москва – Третий Рим, а четвертому не бывать», беспрецедентное развитие церковного искусства (Феофан Грек, Даниил Черный, Андрей Рублев, Дионисий и др.), практически бескровное присоединение Сибири и значительной части Дальнего Востока, добровольное вхождение в состав русского государства малороссов и калмыков – вот лишь немногие вехи той эпохи. Но и они позволяют считать время «Московской Руси» одним из наиболее ярких и успешных периодов нашей истории.

Следующий отрезок относительно спокойной жизни русского народа можно условно выделить с момента отмены крепостного права (1861 г.) до начала Первой мировой войны (с перерывом на революцию 1905 года). Подтверждением этому служат освобождение крестьян, постепенное сглаживание сословных различий, рост населения, быстрое развитие

экономики, отсутствие внешних военных вторжений вглубь территории страны, отсутствие крупномасштабных политических репрессий, развитие глубочайшего реалистического искусства (литературы, музыки, живописи), связанного корнями с народным творчеством. Наряду с этим нельзя не отметить деструктивные моменты: снижение общественной значимости института Православной церкви и падение доверия к высшей власти в большинстве слоев общества.

При объективном взгляде на современную историю нашей страны придется признать, что во второй половине XX века наиболее приемлемые условия для жизни советского народа отмечались в период правления Л.И. Брежнева. При всех очевидных недостатках так называемого «периода застоя» для подавляющего большинства граждан были обеспечены достойные, безопасные, психологически комфортные условия жизни. Население постепенно увеличивалось, несмотря на серьезнейшие демографические проблемы, связанные с последствиями Великой Отечественной войны и сталинских репрессий. Научный, промышленный, хозяйственный и оборонный потенциал, созданный в те годы, до сих пор поддерживает Россию «на плаву». Старые советские фильмы, пронизанные жизнелюбием, бескорыстием, духом товарищества и добрым юмором, пользуются неизменной популярностью не только у старшего поколения, но и у современной молодежи. Лучшие образцы советской литературы (военная проза, произведения писателей «деревенщиков» и др.) вошли в копилку русской и мировой классики.

До последнего времени на постсоветском пространстве единственным государственным образованием, в наибольшей степени удовлетворяющим реальным жизненным потребностям людей, считающих себя частью «русского мира», была Белоруссия. Здесь сохраняется и приумножается промышленно-хозяйственный потенциал, целенаправленно сглаживаются последствия идеологического кризиса, ведется реальная социально-ориентированная политика, сведен к минимуму уровень преступности. Здесь, в отличие от России и Украины, не отмечалось резкого демографического спада. Правда, последние годы намечается уклонение в сторону «местничества»: в официальной идеологии этого государства все отчетливее прослеживаются попытки противопоставить белорусский народ русскому. К чему это может привести, наглядно показывает пример современной Украины.

Зоны этнополитического комфорта

Все упомянутые исторические периоды, разделенные порой многими столетиями, характеризуются сходными признаками политических систем и занимают строго ограниченную область – зону относительного комфорта русского и российского народа в условном этнополитическом пространстве (рис. 1). Перечислим эти признаки:

1. Отношение к власти: сильная, но ограниченная власть. В Киевской Руси власть князя ограничивалась городским вече; отчасти волей дружины и лествичным правом. Московская Русь процветала, пока власть Великих князей и царей ограничивалась авторитетом Православной церкви. После развенчания культа личности И.В. Сталина власть генсеков ограничивалась идеологическими рамками и отчасти коллективным мнением ЦК. Как реально ограничивается власть в Белоруссии, мы не знаем. Возможно, именно недостаточностью подобных ограничений объясняется современный крен властей этой страны в сторону местничества, что несет потенциальную опасность устойчивости ее политической системы.

2. Отношение к природному и этническому окружению: четко выраженный, но не агрессивный патриотизм. Для русского народа характерна глубокая бескорыстная любовь к родной природе и земле-кормилице; почитание традиций, самоуважение, лишенное высокомерия и агрессивности по отношению к дружелюбно настроенным или

индифферентным соседям. О «всемирности» русской души убедительнее всего сказал Ф.М. Достоевский (1875). Мы готовы понять чаяния других народов, склонны восхищаться достоинствами иностранцев, увы, иногда вплоть до самоуничижения. Известно, что восточные славяне легко принимали в свои семьи представителей других народов, готовых чтить обычаи общины и разделять ее жизненный уклад. Наши предки не знали классического рабства – пленный, проживший среди славян несколько лет, имел право вернуться домой или стать полноправным членом общины. Московская Русь охотно принимала всех, кто готов был честно служить стране и Православному Государю. Присоединение бескрайних просторов Сибири и значительной части Дальнего Востока прошло почти бескровно. Примечательно, что практически все большие и малые народы, вошедшие в состав Российской Империи, дожили до наших дней (вспомним, что при освоении западноевропейцами Северной Америки было поголовно истреблено большинство индейских племен). В Советском Союзе «дружба народов» не была пустым звуком, во всяком случае, для представителей восточных славян. Русские, украинцы и белорусы самоотверженно работали на важнейших стройках всех Союзных Республик. В отличие от большинства империй, укреплявших метрополию за счет полуколониальных окраин, Советский Союз активно развивал Среднеазиатские, Кавказские и Прибалтийские республики за счет ресурсов Центральной России и Сибири.

3. Отношение к собственности: уважительное, но достаточно индифферентное. Приемлемой представляются как слабая «правая», так и слабая «левая» позиции. Вместе с тем резкое отторжение вызывают крайний левый («военный коммунизм») и крайний правый (абсолютизация рыночных отношений) подходы. В традиционном сознании нашего народа собственность никогда не являлась основным жизненным ориентиром и предметом особого почитания. Уважения заслуживал честный труд, а справедливо нажитое добро давало возможность помочь ближнему и родной стране. Видимо, в массовом сознании эта установка укрепилась довольно прочно.

Итак, можно констатировать, что с XII по XXI век включительно наш народ жил относительно благополучно только при определенных политических условиях: сильная, но не абсолютная власть; устойчивый, но не агрессивный патриотизм; отсутствие крайних значений в вопросе о собственности. Эти показатели можно выделить в этнополитическом пространстве и назвать «зоной относительного этнополитического комфорта» (рис. 1).

Для каждого народа, суперэтноса и культурно-исторического типа характерна своя «зона комфорта». Так, для западноевропейского суперэтноса можно выделить следующие признаки. Децентрализованная, но достаточно эффективная власть, соответствующая традициям западных демократий. Весьма сильное, но не экстремальное уклонение «вправо» по вопросам собственности; частная собственность там − один из основополагающих жизненных ориентиров. В протестантской и кальвинистской традициях личное обогащение имеет даже религиозное значение. По отношению к окружающим народам характерно явное высокомерие, порой граничащее с шовинизмом. Достаточно вспомнить «Гимн Белому Человеку» в творчестве Редьярда Киплинга и историю колонизации обеих Америк.

Для оптимальных политических систем китайского суперэтноса характерны сильная централизованная власть, приближающаяся к абсолютной, и великокитайский шовинизм. Отношение к собственности довольно индифферентное: от весьма сильного уклонения «вправо» до существенного, но не экстремального уклонения «влево».

Закономерности дестабилизации этнополитических систем

Подобные зоны относительного «этнополитического комфорта», вероятно, можно найти

для большинства суперэтносов и культурно-исторических типов, но мы не ставили перед собой такой задачи. Попробуем понять, почему народы не пребывают постоянно в зоне «уютного» оптимума, а периодически бросаются в омуты войн, общественно-политических смут, революций и кризисов. Самым простым ответом было бы «внешнее агрессивное воздействие». Однако устойчивые и даже не очень устойчивые государства нередко успешно отражают внешние военные агрессии. Нельзя сбрасывать со счетов учение К. Маркса (Marks, 1867), обосновывающее последовательные смены общественных формаций в зависимости от уровня развития средств производства. С экономической точки зрения оно весьма убедительно. Но вопреки ожиданиям теоретиков марксизма в начале XX века первой страной «победившего социализма» почему-то стала аграрная Россия, а не одно из промышленно развитых государств Западной Европы. Иное объяснение динамики этнополитических систем может дать теория пассионарности Л.Н. Гумилева (1990), связывающая стабилизационные и дестабилизационные процессы с закономерностями внутреннего развития суперэтноса, зависящими от количества активных людей («пассионариев») и природных условий. Также следует упомянуть гипотезу А.Л. Чижевского (1924) о связи исторических катаклизмов с солнечной активностью, получившую статистическое подтверждение (Владимирский, 2009). Однако и эти теории не объясняют конкретных механизмов срыва этнополитической системы в состояние упадка или в революцию.

Чтобы попытаться разобраться в этом вопросе, вернемся к примеру России. Отсутствие сильной централизованной власти на Руси перед монгольским нашествием сделало ее легкой добычей кочевников. С другой стороны, практически неограниченные властные полномочия Ивана Грозного вызвали кровавые репрессии среди элиты, что, вероятно, нашло отражение в событиях «смутного времени». Не меньшая власть была у Петра I, а масштабы репрессий не уступали эпохе Ивана Грозного (казни стрельцов, губительные принудительные работы на строительстве Санкт-Петербурга и на корабельных верфях, массовые гонения раскольников). Согласно работе П.Н. Милюкова (1892), за время правления Петра I существенно снизилась численности населения России. Многие историки не разделяют этой точки зрения, но большинство исследователей сходятся во мнении, что Петровские реформы вызвали временное прекращение прироста населения или заметное снижение его темпов. Кроме того, «просветительская» деятельность Петра и его последователей привела к резкому отрыву высших слоев общества от корней народной культуры. Это означало фактический сдвиг элиты от традиционного патриотизма в сторону космополитизма. Одновременно проходило резкое ухудшение положения окончательно закрепощенного крестьянства. На земледельцев тяжким бременем легли не только социальные, но и военные налоги и повинности. Все это дало некоторым исследователям повод говорить об установлении в России «романо-германского ига» (Трубецкой, 1925). Казалось бы, такие экстремальные отклонения от «оптимума» по всем параметрам должны были вызвать колоссальный социальный взрыв, но этого почему-то не произошло.

Здесь вмешивается четвертый мощный фактор, не отраженный на графической схеме, но играющий важнейшую роль в поддержании стабильности этнополитических систем. Это − фактор веры в неутилитарные, «Высшие» ценности, объединяющие население страны в единый народ. Суворовские солдаты шли в бой и побеждали не по принуждению, а как свободные Православные воины. Пока в царской России экономически закабаленное крестьянство было внутренне свободно в своей искренней Православной вере, государство сохраняло устойчивость даже при экстремальных показателях состояния этнополитической системы.

Во второй половине IXX – начале XX века ситуация в России начала меняться:

освобождение крестьянства, некоторое сглаживание сословных различий, реформы, направленные на улучшение условий жизни крестьянства, попытки возврата элитарной национальной культуры к народным корням, некоторое ограничение абсолютной власти. Все это постепенно приближало политическую систему к гипотетическому российскому оптимуму. Но, увы, страну ожидала революция и кровавая гражданская война. Здесь, конечно, нельзя отрицать значения внешних воздействий: Первая мировая война, помощь большевикам со стороны германского и американского капитала, активная работа английской разведки, интервенция и т.п. Однако, важнейшая причина смуты – потеря общей национальной идеи: утрата безусловного авторитета Русской Православной церкви и доверия народа к власти. Можно согласиться с мнением Н.С. Трубецкого (1925), что революция 1917 года в значительной степени была подготовлена «реформами» Петра I: полное подчинение церкви государству и насильственное насаждение западной культуры подготовили почву для повального увлечения русской элиты западными либеральными и атеистическими идеями, постепенно внедрявшимися в массовое сознание.

Аналогичный алгоритм политических коллизий повторился у нас в 30-х – 90-х гг. XX-го века. Неограниченная власть И.В. Сталина привела к беспрецедентным для нашей страны кровавым репрессиям 30-х – 50-х гг., когда были уничтожены сотни тысяч, а возможно, и миллионы наиболее активных граждан − представителей всех социальных групп, в том числе значительная часть духовенства. По разным оценкам за эти годы было осуждено по политическим статьям от 4 до 4.5 млн. человек; из них было приговорено к расстрелу от 0.7 до 1.1 млн. человек (Земсков, 1991; Попов, 1992). Во времена правления Н.С. Хрущева и Л.И. Брежнева массовые репрессии прекратились, условия жизни населения существенно улучшились, собственность была частично реабилитирована, в культурной жизни стали отмечаться попытки возврата к народным традициям. Внешне этнополитическая система была близка к «зоне относительного комфорта». Однако кризис атеистическо-коммунистической идеологии при отсутствии традиционных духовных ориентиров инициировал фактически полный развал политической и хозяйственной системы страны с тяжелейшими социальными последствиями.

Таким образом, можно говорить о некоторых общих закономерностях динамики политических систем. Отклонение по одному или нескольким параметрам (отношение к собственности, отношение к власти, отношение к соседним народам) из зоны «относительного этнополитического комфорта» в сторону экстремальных или нехарактерных для данного суперэтноса значений резко ухудшает условия жизни людей и создает предпосылки к дестабилизации государства. Данный фактор нестабильности условно назовем «уклонение». Но главная опасность этих «уклонений» – постепенное ослабление неутилитарной – «Высшей» идеи, объединяющей народ. Потеря такой идеи делает любую этнополитическую систему крайне неустойчивой. Итак, основной фактор дестабилизации − «потеря идеи». В этом случае кризис может начаться, как в экстремальной зоне, так и в зоне относительного комфорта.

Есть еще одна особенность дестабилизированных общественно-политических систем, которую можно условно назвать «эффект маятника». После уклонения политической системы в одно из экстремальных значений и последующей разбалансировки она часто срывается в другую диаметрально противоположную крайность. Например, неограниченная власть Ивана Грозного и репрессии национальной элиты привели к возникновению анархии «Смутного времени». Экстремальное уклонение западной цивилизации от характерного для нее национализма и умеренного шовинизма в крайний нацизм и кровавый гитлеровский фашизм тоже не осталось без «маятниковых» последствий. В качестве таковых можно рассматривать современную западную ультралиберальную идеологию, требующую

абсолютной толерантности, вплоть до фактического отказа от этнической самоидентификации и права коренных народов Западной Европы оказывать решающее влияние на судьбы своих стран. Зачастую мигранты там составляют значительную часть населения и требуют особых льгот. Массовые выступления арабской и африканской молодежи во Франции в конце 2000-х были лишь первой ласточкой. Ныне проблемы с мигрантами только обостряются. Такая позиция максимальной толерантности тоже не может быть устойчивой. С одной стороны, рыночный космополитизм вызывает стихийный протест антиглобалистов; с другой стороны, засилие мигрантов с Ближнего Востока уже приводит к усилению патриотических и даже ультранационалистических настроений в Западной Европе. Одновременно мы видим вооруженный экспорт западного либерализма – Югославия, Ирак, Ливия… Лишь военная поддержка Россией законного правительства Сирии приостановила инспирированный Западным Миром хаос разрушения суверенных государств Ближнего Востока и Северной Африки. Лозунг «белый человек Запада («истинный ариец» и т.п.) – единственно достойный править этим миром» видоизменился на аналогичный: «западные либерализм (демократия) и образ жизни (эгоцентризм и приоритет сверх-потребления) должны быть безоговорочно приняты во всем мире. Кто с этим не согласен – страны-изгои. Их нужно унизить, изолировать, по возможности – уничтожить или лишить суверенитета». Не правда ли, заявления о необходимости повсеместного распространения западной демократии чем-то похожи на старую идеологию колониализма или лозунги Третьего Рейха? «Маятник» продолжает раскачиваться …

Связь этнополитических систем с окружающей средой

Реально ли создать универсальную политическую систему, которая устраивала бы все народы нашей планеты? На этот вопрос можно дать однозначный отрицательный ответ. Почему же у разных народов сохраняются столь непохожие и весьма устойчивые требования к политическим системам? Это становится очевидным, если рассматривать государственные образования как одно из важнейших приспособлений этноса к окружающей среде.

О неразрывной связи этноса с «вмещающим ландшафтом» и влиянии природных условий на процесс этногенеза писал Л.Н. Гумилев. Этот же ученый впервые обратил пристальное внимание на тесную связь формы правления у кочевых степных народов внутренней части Евразии и природных условий различных регионов «Великой степи» (Гумилев, 1968). Было отмечено, что для держав, образовывавшихся на территории восточных степей Центральной Азии, всегда была характерна сильная централизованная власть: родовая империя Хуну, орда Жужань, Вечный эль орхонских тюрок, империя Чингиз-Хана. В западной части Великой степи, примыкающей к Алтаю и Тарбагатаю, наблюдалась цепь конфедераций, например дурбен-ойратский союз – типичный пример децентрализации (Гумилев, 1968). Автор связывает отмеченную закономерность с особенностями ландшафтов и условий увлажнения, определяющих способы ведения хозяйства и характер общения между скотоводами. На засушливом востоке, с относительно устойчивыми условиям увлажнения и незначительным снежным покровом скот все время пасся в степях, и пастухи, постоянно встречаясь друг с другом, приобретали привычку общения и возможность координации в масштабах всей страны. На западе – в предгорьях Тянь-Шаня и Тарбагатая кочевники летом выгоняли скот на горные пастбища по узким долинам; каждая долина и прилегающие альпийские луга принадлежали отдельному роду. Это определило навыки изолированного ведения хозяйства и отразилось на характере политических образований: вместо ханств здесь возникали племенные союзы. В настоящее время политические системы также подвержены влиянию природных процессов.

Современная массовая миграция населения с Ближнего Востока и из Северной Африки, которую уже называют новым «великим переселением народов», связана не только с известными политическими событиями, но и с потеплением климата. Рост температур, а также связанные с ним увеличение дефицита водных и пищевых ресурсов, быстро ухудшают условия жизни людей в аридных регионах. При такой ситуации политические катаклизмы можно рассматривать как катализаторы, инициирующие природно-обусловленные миграционные процессы.

Одним из важнейших факторов окружающей среды (при широкой трактовке этого термина) для этноса являются взаимоотношения с другими народами, проживающими на той же, или на сопредельной территории. Русь, со времен монгольского нашествия на многие столетия оказалась во враждебном окружении мощнейших этнополитических объединений: Золотая Орда, собиравшая тяжелую дань и разоряющая страну периодическими набегами; западноевропейские рыцарские ордены, воевавшие против Православного народа с установкой на моральное или физическое уничтожение; усиливающееся Великое Княжество Литовское, предъявлявшее территориальные претензии на исконно русские земли (Брянск, Смоленск и др.). Наш народ мог сохраниться только при условии создания сильной централизованной власти и тесного идеологического взаимодействия под лоном объединяющей религии и Православной церкви. В то же время полиэтнический состав населения русских княжеств, объединяющихся под рукой Москвы (русичи, меря, весь, мордва и др.), способствовал выработке традиций мирного межнационального общения. Впоследствии эти традиции сыграли важную роль при быстром расширении территории Московской Руси. Созданию огромного единого государства также способствовал преимущественно равнинный рельеф и наличие множества полноводных рек, использовавшихся как транспортные артерии.

Периодические набеги, часто сопровождавшиеся повальным разграблением и пожарами, а также суровые природные условия приучили русских людей больше заботиться о сохранении жизнеспособной общины, чем о сиюминутном сбережении личного имущества. Это нашло отражение в пословицах и поговорках: «добро – дело наживное», «не имей 100 рублей, а имей 100 друзей» и др. В условиях морозной зимы жители разоренных деревень могли спастись только за счет бескорыстной взаимопомощи. Таким образом, формировалось мировоззрение, при котором личная собственность имела существенное, но отнюдь не первостепенное значение.

Это лишь единичные примеры очевидных, скрытых и почти незримых нитей, связывающих народ с природным и этническим окружением. На основе подобных связей столетиями формируются специфические традиции и ограничения, во многом определяющие «лицо» этноса и стереотип поведения его представителей. Вершиной «айсберга» − сложнейшего переплетения этноса и окружающей среды, является «зона политического комфорта». Она отражает основные показатели политической системы, оптимальной для определенного народа (суперэтноса) на конкретной географической территории.

Что же происходит с народом, если он полностью или частично теряет устоявшиеся связи с исторически сложившимся природным и этническим окружением? В этом отношении показателен пример еврейского этноса, оказавшегося в рассеянии. Удивительным образом представители этого неагрессивного и талантливого народа часто вызывали негативную реакцию населения разных государств на протяжении столетий. Достаточно вспомнить Византию, Киевскую Русь, Западную Европу. Не миновал «еврейский вопрос» и царскую Россию. Потеряв связь с родным вмещающим ландшафтом Ближнего Востока, большинство еврейских общин не смогло образовать устойчивых связей с природным и этническим окружением в новых местах проживания. Например, в России попытки привить

еврейским переселенцам навыки ведения сельского хозяйства не имели успеха, несмотря на серьезную финансовую поддержку царского правительства (Соженицин, 2001). Зато по всей Европе они хорошо адаптировались к искусственной среде городов. Однако местные традиции, основанные на многовековом взаимодействии природы и этноса, были им чужды. Еврейские предприниматели, лишенные этических ограничений, характерных для разных сословий местных жителей («купеческое слово», «дворянская честь», воля крестьянской общины и т.п.), имели перед ними преимущество в финансово-экономической сфере. Они с чистой совестью, «без комплексов» делали свое дело, а разорение должников, порой имевшее массовый характер, было лишь сопутствующим фактором. Еврейские интеллектуалы, не имевшие глубинных связей с местной культурной традицией, могли успешно развивать или поддерживать «чистые идеи». Но идеи, оторванные от «почвы», часто бывают разрушительны.

Если мы попытаемся найти зону оптимума еврейского народа в этнополитическом пространстве, то она будет похожа на огромный, почти пустотелый шар. Для большинства наиболее активных представителей этого этноса характерна приверженность экстремальным показателям по всем трем осям. По оси «собственности»: с одной стороны ростовщики и банкиры, с другой – ученые марксисты и самоотверженные «комиссары в пыльных шлемах». По оси «внешней среды»: с одной стороны «люди мира», с другой – агрессивное крыло сионизма. По оси власти: с одной стороны убежденные демократы разного толка; с другой – ожидание мессии, в отличие от Христа, обладающего абсолютной мирской властью. Вот почему при различных экстремальных уклонениях этнополитических систем разных народов часто находятся евреи, готовые поддержать дестабилизационные процессы.

В итоге можно констатировать, что отрыв от естественной природной среды и традиционного этнического окружения − путь к этнополитической нестабильности. Вероятно, в этом одна из ключевых разгадок неразрешимого «еврейского вопроса». Но интересно другое – встав на путь тотальной урбанизации, все человечество готово повторить печальный опыт «библейского народа». Значительная часть населения земного шара перемещается в города. При этом на глобальном уровне происходит отрыв миллиардов людей от родной природы и исторических корней. Теряется традиционное мироощущение и связанные с ними ограничения. Искусственная эфемерная городская среда, противоестественный образ жизни и иллюзорные утилитарные ценности воспринимаются как единственно возможные. То есть значительная часть современных этносов быстро теряет психологические связи с вмещающим ландшафтом, повторяя путь народов «в рассеянии», и тем самым способствует увеличению политической, экономической и социально-экологической нестабильности.

В том же направлении действует рыночная глобализация, навязываемая Западным миром (суперэтносом) всему остальному человечеству. Этот процесс требует от участников получения постоянно растущей сверхприбыли. Однако в условиях ограниченности ресурсов нашей планеты оборотной стороной сверхприбыли всегда является ускорение темпов разрушения биосферы; в первую очередь – нарушение и уничтожение естественных экосистем. А ведь именно естественные (девственные и слабонарушенные) природные комплексы играют определяющую роль в поддержании стабильности гидросферы, газового состава атмосферы и других факторов, обеспечивающих условия для жизни на Земле (Данилов-Данильян и др., 2005; Экологические проблемы …, 1997).

Рыночная глобализация разрушительно действует не только на биосферу, но и на сознание людей. Для постоянного получения сверхприбыли искусственно стимулируется повышенный спрос на товары и услуги. Через средства массовой информации внушается ложное представление о том, что главной и, по сути, единственной целью жизни человека

является сверхпотребление – максимальное получение удовольствий всеми доступными способами. Исподволь или открыто дискредитируются или уничтожаются все институты, призывающие людей к ограничению своих желаний и потребностей: жизнеутверждающие религии и философские направления, традиционные системы ценностей разных народов, незаангажированные государственные и общественные природоохранные организации, некоторые политические режимы, открыто заявляющие об отказе идти «чисто рыночным» путем Западной цивилизации (Югославия, Иран, Сирия и др.).

В идеале для абсолютной власти рыночных механизмов желательно отсутствие суверенных государств и наличие усредненных «общечеловеков», лишенных каких-либо потребительских и, соответственно, этических ограничений. Между тем сознательное самоограничение – один из основных признаков, отличающих человека от животных. Животных ограничивает среда обитания, и потому их поведение жестко детерминировано. Люди, обладающие сверхмощным интеллектом, должны ограничивать свои потребности и агрессивность, иначе они создают угрозу окружающей среде и собственному существованию. В то же время самоограничение для человека является первым шагом к свободе – возможности поступать не по соображениям материальной выгоды, а по велению души и совести, то есть действовать по идейным мотивам.

Падение этнополитического разнообразия угрожает целостности этносферы и снижает шансы выживания человечества в экстремальных ситуациях. Известно, что устойчивость экосистемы к внешним воздействиям в первую очередь определяется ее разнообразием. В качестве примера сложной естественной многовидовой экосистемы можно привести смешанный лес. Через несколько десятилетий вырубленный или сгоревший участок такого леса восстановится, пройдя последовательные стадии смен растительных сообществ (сукцессий). Антиподом является пшеничное поле – искусственная экосистема, обладающая минимальным видовым разнообразием, практически лишенная устойчивости. Достаточно несколько лет не засеять поле, и оно полностью зарастет сорняками или мелколесьем. Многообразие народов и типов государственных образований, приспособленных к различным условиям внешней среды, повышает степень устойчивости человечества к возможным локальным и глобальным катастрофам (экономические потрясения, землетрясения, цунами, эпидемии, климатические изменения, астрофизические катаклизмы и т.д.). Маловероятно, что аморфная толпа угодных «рынку» унифицированных эгоистичных потребителей справилась бы с подобными вызовами.

Таким образом, урбанизация и рыночная глобализация инициируют разрыв связей этнополитических систем с окружающей средой и поражение человеческого сознания «вирусом» потребительства. Все это чревато ростом нестабильности, переходящим в перманентный комплексный системный кризис человечества, включающий: экологические, этические, экономические, социальные, политические и иные аспекты. Современный загадочный глобальный экономический кризис, похоже, является лишь «первой ласточкой».

Основные механизмы системного кризиса

Предлагаемая концепция взаимодействия этнополитических и природных систем основана на том, что представляемое теоретическое этнополитическое пространство опосредованно связано с пространством материальным – географическим. Неоднородность природных условий на нашей планете объективно обусловливает наличие разных народов и многообразие форм их самоорганизации – этнополитических систем. Для каждого крупного этнического образования (суперэтнос, культурно-исторический тип), связанного с конкретной географической территорией, присущ свой оптимальный набор политических

режимов – «зона этнополитического комфорта». Она представляет определенное сочетание трех факторов: отношение к собственности, отношение к власти, отношение к этническому и природному окружению. Отступление от оптимальных показателей часто ввергает народ в пучину бедствий. Губительны попытки искусственно навязывать одному народу политическую систему, характерную для другого. Не мене опасны экстремальные отклонения любых факторов – они снижают политическую стабильность. Но наибольшую угрозу для устойчивости любой этнополитической системы представляет утрата народом объединяющей неутилитарной «высшей» идеи. Кроме перечисленных внутренних факторов, нарушение и даже разрушение политических систем может быть вызвано внешними воздействиями. Это – резкие изменения среды обитания, обусловленные естественными природными или антропогенными процессами, например, изменение притока солнечной радиации и другие космические процессы, вулканические и тектонические процессы, климатические изменения, изменения газового состава атмосферы, крупномасштабные нарушения растительного и почвенного покрова и др.

В современном мире быстро активизируются все основные механизмы социальной и этнополитической дестабилизации.

1. Прогрессирующая урбанизация ослабляет связи людей и народов с окружающей средой, инициируя смещение параметров политических систем к экстремальным значениям.
2. Рыночная глобализация «размывает» традиционные этносы, втягивая их в свою орбиту.
3. Потребительское мировоззрение, навязываемое «рыночными» средствами массовой информации, лишает людей внутренней свободы, необходимой, в частности, для поддержания устойчивости суверенных государств и их политических систем.
4. Безраздельная власть финансовых механизмов, направленных на получение сверхприбыли, способствует разрушению биосферы и углублению глобального экологического кризиса.

Миссия России

В настоящее время реальный вектор «прогресса» ведет не к мистической объединяющей «Точке Омега» Терьяр де Шардена (1948), а к быстрому снижению глобальной социально-экологической устойчивости. Россия остается одной из немногих стран, потенциально способных удержать человечество от срыва в перманентный комплексный кризис.

Необходимо в полной мере сохранить разнообразие народов и присущих им этнополитических систем. Для преодоления неизбежных противоречий между странами нужно выработать эффективные «механизмы согласия» (Моисеев, 1999). При этом может быть использован многовековой уникальный опыт неагрессивного взаимовыгодного и уважительного межнационального общения, выработанный в рамках Российского Государства.

Русский народ, столетиями воспитывавшийся в религиозном духе, пока еще далек от безусловного принятия «потребительской» идеологии. Даже в период коммунистических религиозных гонений христианские ценности завуалировано присутствовали в советских традициях коллективизма и взаимопомощи (Моральный кодекс строителя коммунизма, 1961). И сейчас, несмотря на беспрецедентные усилия масс-медиа, в народном сознании «олигархи» и «новые русские» являются отрицательными персонажами, а не примерами для подражания. Накопительство и сверхпотребление еще не стали главными жизненными ориентирами большинства россиян. Сохранение иррациональной «русской души», стремящейся к высшим духовным ценностям, наряду с другими традиционными мировоззрениями, поможет человечеству остаться свободным от безраздельной власти

эгоистичного потребительства, а значит, способным к самоорганизации.

Эмоциональные и материальные личностные связи россиян с родной природой значительно глубже, чем у большинства западноевропейцев. Для множества жителей наших городов и поселков ведение приусадебного хозяйства, сбор грибов и ягод, рыбалка, охота являются неотъемлемой частью образа жизни. В деревнях и селах Европейской России, в Сибири и на Дальнем Востоке дикая природа еще воспринимается как кормилица. Для большинства коренных малых народов России сохранение естественных экосистем является залогом выживания и сохранения своей этнокультурной идентичности. При этом на территории нашей страны сосредоточена значительная часть девственных и слабонарушенных экосистем, способствующих поддержанию устойчивости биосферы планеты. На большей части территории России пока преобладают экстенсивные формы освоения природных ресурсов. Возможно, это несколько замедляет темпы развития экономики, но обеспечивает экологическое равновесие не только в региональном, но и в мировом масштабе.

Политическая, идеологическая и военная мощь нашей страны неоднократно удерживала цивилизацию от полного подчинения тому или иному режиму, претендующему на мировое господство. Это способствовало сохранению разнообразия этнополитических систем. Сложные взаимодействия Руси и Золотой орды, включающие как военные столкновения, так и политическое сотрудничество, спасли Запад от татаро-монгольской экспансии. Только Россия смогла остановить победное шествие Наполеоновских армий. Советский Союз обеспечил победу над фашизмом во Второй мировой войне. Во времена «холодной войны» поддержание паритета сил СССР и США удержало человечество от катастрофического ядерного конфликта и позволило поднять вопрос о необходимости «устойчивого развития» – учитывающего многополярность мира. Характерно, что после распада Советского Союза и ослабления России про «устойчивое развитее» на мировом уровне сразу забыли … Напротив, возрождающаяся военная и политическая мощь России вновь привлекает к нашей стране государства желающие проводить самостоятельную политику в интересах своих народов. Это уже помогло сохранению суверенитета Сирии.

Содержащееся в Священных текстах пророчество о том, что апокалипсис не начнется «…до тех пор, пока не будет взят от среды удерживающий…» (Барсов, 2002), может быть с полным основанием отнесено к России. Наша страна призвана помочь сохранению в мире духовных, социально-политических и экологических условий, пригодных для достойного существования людей. Однако сделать это может лишь очень сильная Россия со свободным народом, объединенным высшей целью – то есть, далеко не такая, как сейчас.

Что делать?

Наивно думать, что запуск рыночных механизмов и развитие нанотехнологий решат все наши проблемы. Миром правят не механизмы и технологии, а идеи, находящие отклик в умах и сердцах людей. Здесь не стоит искать ничего принципиально нового – спасение людей от скверны изначально является целью Христианства. Столетиями вера в Бога хранит русский народ от любых напастей; лишь отступничество, гонения и утеснение веры приводят к по-настоящему катастрофическим последствиям. Однако со временем увеличивается спектр объектов, остро нуждающихся в защите. В условиях системного кризиса спасать нужно не только души людей, но и их самих вместе с традиционными формами самоорганизации и живой природой нашей планеты.

Глядя на графическое изображение российской зоны политического оптимума (рис. 1), заметно, что дальше всего в сторону экстремальных значений она уклоняется по оси власти.

России объективно нужна сильная централизованная власть, но она должна быть ограничена; иначе власть становится абсолютной и разрушительной. Единственным эффективным ограничением светской власти может быть возвращение религиозного мировоззрения в массовое сознание и соответствующий рост авторитета церквей разных конфессий. В первую очередь это касается Православия, как наиболее распространенного в России, поскольку русский народ является государствообразующим. Это никак не ущемляет интересы других традиционных конфессий; напротив – соответствует их потребностям. Вновь обретя Веру и Высокую цель, российский народ приложит наибольшие усилия к сохранению единства страны и поддержанию стабильности ее политической системы. Это создаст благоприятные условия для развития всех народов и традиционных религий нашей Родины.

Последние десятилетия поборниками идеологии сверхпотребления ведется необъявленная мировая информационно-психологическая война «на уничтожение» против представителей всех иных точек зрения (Проект Россия, 2007). Одной из основных мишеней стала наша страна. Давление все нарастает: показательны яростные информационные атаки даже в такой далекой от политики области, как спорт. Чтобы уберечь россиян от губительного воздействия новейшего «оружия массового поражения», нужно создать прочный «информационно-идеологический щит». Причем масштабы и эффективность противодействия должны перекрывать усилия агрессора. «Информационная контратака» не может проводиться на принципах самоокупаемости. Здесь необходимо крупномасштабное вложение средств государства. Ведь в его прямые обязанности входит защита своих граждан. Можно выделить три основных направления информационной обороны, которые должны действовать не только через СМИ, но и через систему образования.

1. Внедрение в массовое сознание религиозного мировоззрения, как в духовной, так и в светской форме. Ведь такие базовые ценности как любовь, свобода, творчество, самоограничение, альтруизм имеют религиозные корни и при этом доступны пониманию любого человека. В местах компактного проживания россиян, исповедующих местные традиционные религии, они должны быть представлены в информационном поле наряду с православием.

2. Постепенное вытеснение из развлекательного сектора информационного пространства коммерческой «массовой культуры». Эта ниша должна заполняться: программами о народном творчестве, отечественной музыкальной и литературной классикой, научно-популярной информацией и художественным освещением истории нашей страны. Развлечение и игра – вещи серьезные. Они могут прямо или на подсознательном уровне способствовать возвращению русского народа к своим культурным и историческим корням.

3. Значительное увеличение объема информации, посвященной родной природе. При этом наибольшее внимание необходимо уделять эмоциональной составляющей. СМИ должны помочь восстановлению нарушенных связей российского суперэтноса с вмещающим ландшафтом.

Перефразируя известную идеологическую триаду Российской Империи, можно сказать, что основой «информационного щита» нашей страны сегодня должны стать: *религиозность* (многоконфессиональность, в том числе Православие, как наиболее распространенное направление), *история, природность*.

Уже несколько десятилетий выражения вроде «политика – дело грязное», «власть продажна» воспринимаются у нас, как аксиома. А ведь на Руси власть, в лучших своих проявлениях, была жертвенным служением. Беззаветно отдали жизнь и душу «за други своя» святые князья Александр Невский, Михайло Тверской и многие другие достойные вожди наших предков. Неужели сейчас нет честных самоотверженных политиков, идущих во власть биться за интересы простых людей, а не ради корысти. Уверен, что есть и, возможно, немало,

но их просто не видно на общем мутном информационном фоне, лишенном надежных ориентиров. Ведь теперь так просто несколько раз назвать в СМИ белое черным, и оно быстро почернеет в глазах окружающих. Еще проще загрунтовать информационными белилами кромешную черноту обмана. Если принять предлагаемую концепцию этнополитического пространства, то политику можно сделать значительно «прозрачнее». Осведомленный лидер, заинтересованный во благе народа, будет способствовать достижению зоны этнополитического комфорта и поддержанию устойчивости приемлемой политической системы. Нерадивые и недобросовестные деятели, тянущие россиян в чуждые для них политические условия, не смогут надежно укрыться за пустым словоблудием. Их деструктивные действия будут отчетливо проявляться в системе координат этнополитического пространства.

Угрозы – реальные и мнимые

Постараемся с помощью предложенной концепции разобраться в том, что может реально угрожать нашему народу, а чем его попросту дезориентируют. Несколько лет назад либеральные журналисты неустанно твердили об угрозе «русского фашизма». Да полно, возможно ли это? Миллионы наших солдат погибли, спасая мир от фашизма. И сегодня защитники Донбасса, рискуя жизнью, продолжают ту же борьбу. Мы занимаем почти центральное место на оси «местничество – космополитизм» – то есть по определению абсолютно лояльны к другим народам, не проявляющим к нам агрессии. Никакими силами невозможно навязать фашистскую идеологию большей части населения России и Русскому Миру в целом. Появление среди молодежи отдельных немногочисленных маргинальных групп, проявляющих немотивированную агрессию к людям с другим цветом кожи и разрезом глаз, говорит о том, что они фактически отошли от русских национальных традиций. Это результат многолетней пропаганды культа насилия, переполняющего коммерческие (в первую очередь американские) фильмы, наряду с абсурдной национальной и информационной политикой. Характерно, что фашиствующие молодчики на многострадальной Украине в первую очередь открещиваются от общерусских корней. Пожалуй, это единственное, в чем они правы: принявший нацистскую идеологию престает быть русским по духу.

Для мироощущения нашего народа в 1990-х – начале 2000-х гг. был опасен не фашизм, а возможность потери самоидентификации под агрессивным натиском русофобских СМИ. Утрата самоуважения государствообразующим народом – серьезнейшая угроза безопасности всей страны. Не менее опасна была потеря россиянами чувства защищенности в своем государстве. Это со всей очевидностью показали прошедшие несколько лет назад во многих городах России массовые акции протеста против засилья этнических криминальных группировок. Упомянутые народные волнения ни в коем случае нельзя рассматривать как шовинистические, тем более что они охватили не только центральные области, но и национальные окраины (Карелия, Калмыкия и др.). Доведенные до отчаяния люди просто требовали справедливости и равноправия перед законом. Тогда, чтобы призвать к ответу «гостей с Кавказа», участвовавших в расправе над русским парнем, потребовались многотысячные митинги. А сколько по стране подобных случаев, не ставших достоянием широкой гласности, когда «хорошо обеспеченные» преступники оставались на свободе? В разных регионах местные жители порой становились заложниками произвола криминальных группировок, многие из которых имели ярко-выраженную этническую окраску. Фактически, законопослушные россияне, в первую очередь русские, в какой-то момент стали в своей стране людьми «второго сорта». Они далеко не всегда могли рассчитывать на справедливую

защиту со стороны разъеденных коррупцией, деидеологизированных правоохранительных структур. Выправить ситуацию могли не надуманные «страшилки» про несуществующий «русский фашизм», а разумная национальная политика, учитывающая важнейшую роль русского народа в нашем государстве, и неукоснительное соблюдение законов, вне зависимости от национальности, социального и финансового положения преступников.

Последние годы ситуация меняется. С одной стороны очередная волна западной идеологической экспансии привела к кровавому государственному перевороту на Украине, за которым последовали возвращение Крыма и гражданская война на Донбассе. Помимо прочего, это способствовало консолидации Русского Мира и усилению патриотически настроенных СМИ. С другой стороны – опасность распространения международного терроризма показала необходимость корректировки миграционной политики и повышения эффективности борьбы с этнической преступностью. В итоге по оси «патриотизма» наша этнополитическая система уверенно смещается в сторону зоны оптимума. Как говорится, «не было бы счастья, да несчастье помогло». Но, конечно, основным глубинным двигателем смены либерального «космополитического» вектора на «патриотический» были не внешние воздействия, а внутренний запрос подавляющей части российского общества.

Почему в России буксуют так называемые «рыночные реформы»? Последние десятилетия страна в основном лишь разбазаривала и проедала наследие «развитого социализма». Несмотря на громкие заявления и многообещающие программы, экономика развивается очень медленно и несбалансированно – преобладают ресурсодобывающие отрасли, ориентированные на экспорт сырья. Порой идеологи рыночных реформ обвиняют наш народ в пассивности, неспособности к эффективной предпринимательской деятельности, чуть ли не в патологической лености. Абсурдность подобных утверждений очевидна: пассивные люди не смогли бы создать и сохранить самую большую в мире страну, творить высочайшие образцы мировой культуры, одерживать победы в оборонительных Отечественных войнах, в кратчайшие сроки восстановить разрушенную оккупантами экономику, первыми выйти в космос... Можно найти массу экономических и юридических факторов, препятствующих «рыночному» процветанию России, но основа, видимо, глубже. Модель нашего этнополитического оптимума показывает, что русскому народу противопоказаны крайние варианты в отношении к личной собственности: как полное отрицание собственности, так и ее абсолютизация. В нашей национальной традиции заложена готовность работать с полной отдачей не только и не столько ради денег, сколько ради идеи. Навязывание материального благополучия в качестве «главной жизненной цели» разрушительно для массового сознания россиян. Отсюда постоянный рост неистребимой коррупции, абсурдные бесчинства «новых русских», разгул воинствующей некомпетентности, тоскливая апатия большей части населения. Для нормализации моральной и экономической ситуации необходимо создать условия, чтобы люди могли получать достойную зарплату, занимаясь своим делом, полезным для страны, а предприниматели, которым государство дало возможность получать высокие доходы, направляли бы значительную часть прибыли на общественные нужды. Все это потенциально возможно, если считать материальные ценности не целью, а лишь одним из средств, помогающих человеку идти к духовному совершенству, а государству – поддерживать стабильность. Такая точка зрения коренным образом противоречит современной «рыночной» идеологии, навязываемой СМИ. Достаточно вспомнить серию телевизионных роликов на тему: «честным быть выгодно». А если все-таки материально не выгодно, как это чаще бывает в реальной жизни? Если нет иных ориентиров, кроме выгоды, то, следуя предлагаемой логике, можно врать, брать взятки и т.п. По оси «собственности» современная политическая система России предельно далека от оптимального для нашего культурно-

исторического типа «центрального» положения. Именно в этом сейчас кроется наибольшая потенциальная опасность дестабилизации государства.

Сложнее всего охарактеризовать ситуацию с властью. После разрушительного разгула «ельцинской» демократии народ хотел сильной, стабильной власти и вроде бы ее получил. С одной стороны, полномочия высшего руководства страны настолько широки, что некоторые политологи высказывают опасения о возможности установления диктатуры. С другой стороны, многие официально декларируемые направления деятельности пока пробуксовывают. Среди них: снижение вопиющего разрыва между уровнем доходов богатых и бедных; справедливое распределение средств, получаемых от продажи полезных ископаемых и биоресурсов; помощь малому бизнесу; интенсивное развитие высокотехнологичных производств; борьба с коррупцией; активная поддержка науки; охрана живой природы и т.д. Парадоксальным образом некоторые стратегические программы (импортозамещение, поддержка отечественных сельхозпроизводителей) стали реально работать только после введения западных антироссийских санкций. Возникает впечатление, будто что-то сильно мешает реализации замыслов руководства по восстановлению социальной справедливости и укреплению устойчивости государства. Выходит, власть у нас все же существенно ограничена, что само по себе неплохо: исторический опыт показывает – любая диктатура губительна для России. Однако попытки найти тот самый неведомый «ограничивающий фактор» наводят на неутешительные размышления. Судя по большинству важнейших стратегических решений, принимаемых в интересах крупного бизнеса и банковского сектора, возможно, именно они оказывают определенное давление на высшее руководство страны. Если административная власть контролируется экономической элитой, есть опасность того, что она постепенно перейдет от живых людей к бездушным транснациональным финансовым механизмам, выкачивающим сверхприбыль из территории с ограниченным суверенитетом.

России нужна сильная централизованная власть, независимая от своих и зарубежных финансово-промышленных корпораций, но ограниченная заботой о пользе Отечества и религиозным мировоззрением (многоконфесиональным, в том числе Православным). Внушает оптимизм тот факт, что телевидение часто показывает высших государственных чиновников, посещающих храмы. Жаль только, что власть имущие на деле не всегда прислушиваются к предостережениям представителей традиционных религий об опасности абсолютизации либеральной идеологии и рыночных механизмов.

Заключение

Итак, наша страна находится на распутье: сохранить самобытность, одновременно встав на защиту вечных духовных ценностей, мирового этнополитического разнообразия и устойчивости биосферы или безвольно плестись по пути «рыночной глобализации» к всеобъемлющему системному социально-экологическому кризису человечества. Примеры Китая, Кубы, Белоруссии, Ирана и некоторых других государств показывают, что при консолидации усилий власти и народа, страны могут достойно сохранять «свое лицо» в современных жестких геополитических условиях. Подобная возможность есть и у России. Некоторые шаги в этом направлении уже делаются: либеральная риторика уступает место патриотической; декларируется необходимость соблюдения принципов социальной справедливости; предпринимаются усилия для восстановления исторической правды по отношению к роли СССР в победе над фашизмом. Слово – это тоже дело, но одних слов недостаточно. Хочется надеяться, что время практических действий не за горами. Предлагаемая концепция не может дать готовых решений, но позволяет выделить основные

ориентиры и оптимальные направления политической деятельности. Место России в системе координат этнополитического пространства определяет особую роль нашей великой страны – удержание человечества от хаоса. В противном случае сфера разума – ноосфера (Вернадский, 1944), грозит превратиться в сферу потребительского и эгоцентрического безумия.

В заключение хочется поблагодарить Е.Н. Галича – за помощь в оформлении рисунка; Ж.В. Кузьмину, А.А. Семенову, А.А. Лисовского, Н.И. Подольскую и С.Ю. Игнатенко – за ценные советы и замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барсов М.В. 2002. Апокалипсис святого Иоанна Богослова. Толкование. Л.: «Лепта». 400 с.

Вернадский В.И. 1944. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. Вып. 2. № 18. С. 113-120.

Владимирский Б.М. 2009. Солнечно-биосферные связи. Полвека спустя после А.Л. Чижевского // История и современность. № 2. С. 119-131.

Земсков В.Н. 1991. ГУЛАГ (историко-социологический аспект) // «Социологические исследования». № 6. С. 10-27. № 7. С. 3-16.

Гумилев Л.Н. 1968. Этно-ландшафтные регионы Евразии // Доклады на ежегодных чтениях памяти Л.С. Берга Т. VIII-XIV. Л. С. 118-134.

Гумилев Л.Н. 1990. Этногенез и биосфера Земли. Л.: Гидрометеоиздат. 512 с.

Данилевский Н.Я. 1869. Россия и Европа // Заря. № 1. С. 6, 8-10.

Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Рейф И.Е. 2005. Перед главным вызовом цивилизации: Взгляд из России. М.: ИНФФРА-М. 224 с.

Достоевский Ф.М. 1875. Подросток // Отечественные записки. № 1. С. 151-232.

Милюков П.Н. 1892. Государственное хозяйство России в первой четверти XVIII столетия и реформы Петра великого. С.-Пб. 678 с.

Моисеев Н.Н. 1999. Быть или не быть … человечеству? М.: Ульяновский Дом Печати. 228 с.

Моральный кодекс строителя коммунизма. 1961. Программа КПСС, принятая на 22 съезде КПСС. [Электронный ресурс http://ru.wikipedia.org/wiki/Моральный_кодекс_строителя_коммунизма (дата обращения 12.12.2017)].

Подольский С.А. 2010. Этнополитический крест России // Природа и человек. XXI век. № 10. С. 6-9. № 11. С. 6-10.

Попов В.П. 1992. Государственный террор в Советской России, 1923-1953 гг. (источники и их интерпретация) // Отечественные архивы. № 2. С. 26.

Правда Русская. 1940-1963. / Ред. Б.Д. Греков. Т. I. Тексты. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1940. 505 с.; Т. II: Комментарии. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1947. 862 с.; Т. 3. Факсимильное воспроизведение текстов Москва: Изд-во АН СССР. 471 с.

Проект Россия. 2007. М.: ОЛМА Медиа Групп. 319 с.

Проект Россия. 2008. Вторая книга. Выбор пути. М.: Эксмо. С. 68-69.

Солженицын А.И. 2001. Двести лет вместе (1795-1995). Часть I. М.: Русский путь. 512 с.

Сукачев В.Н. 1972. Основы лесной типологии и биоценологии // Избранные труды. Т. 1. Л.: Наука. 419 с.

Терьяр де Шарден П. 1948. Феномен человека. 384 с.

Трубецкой Н.С. 1925. О туранском элементе в русской культуре // Евразийский временник. Берлин. С. 351-377.

Чижевский А.Л. 1924. Физические факторы исторического процесса. Калуга: 1-ая

Гостиполитография. 70 с.
Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? 1997 / Ред. В.И. Данилов-Данильян. М.: Издательство МНЭПУ. 332 с.
Marx K. 1867. Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie. Hamburg: O. Meissner. 810 p.

CONCEPT OF INTERACTION BETWEEN ETHNO-POLITICAL AND NATURAL SYSTEMS IN RUSSIA AND WORLDWIDE

© 2018. S.A. Podolsky

Water Problems Institute RAS
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: sergpod@mail.ru

Diversity of natural environments of our planet objectively determines existence of different nations and their self-organization forms, called ethno-political systems. Every big ethnical formation (super-ethnos, cultural-historical type), connected to specific geographical area, has its optimum set of political regimes, called ethno-political comfort zones. Every zone is a combination of three factors, such as attitude towards ownership, attitude towards authority, and attitude towards ethnical and natural environments. If we make a three-dimensional coordinate system according to these factors, then most of the political systems of every nation will find their places in the relative ethno-political space.

To illustrate the abilities of this method, we give some examples of political systems, which correspond to the 8 extreme points of the ethno-political space; 6 of them have an actual basis (fascism, Communism International, Brethren of the Coast of the Caribbean pirates, social Darwinism, market globalization). Real extreme political systems while being very different have some things in common. All of them are quite unstable and ephemeral, mostly murderous and antihuman. Two hypothetical points have a mystical basis (Golden Age or Eden, the beginning of Apocalypse when the Antichrist comes to power).

On the scene of history there are mostly relatively restrained social systems, distant from extreme boundaries of the relative ethno-political space. The history of every nation has more or less lasting period of relative prosperity, aside from failures, revolutions and distempers. At different times they are connected to similar political systems. In virtue of a short historical analysis it has been determined that for the Russian cultural-historical type the optimum political systems assume to have strong but limited leadership, definite but non-aggressive patriotism, quite an indifferent attitude to the private property. The Western European super-ethnos has other features: decentralized but quite effective leadership, matching the traditions of Western democracies, definite arrogance towards the other nations, sometimes close to chauvinism, maximal respect for the private property.

Deviation from the optimum indices usually leads to national disasters. The attempts to force a nation to follow a specific political system, which is more suitable for another nation, are deadly. Extreme deviations from the other indices are dangerous as well, because they lower political stability. But the biggest threat for every ethno-political system's stability is a national loss of the unifying non-utilitarian supreme idea. Aside from the mentioned factors, the external influences can also provide disturbances and even destructions of political systems by the severe changes in the habitats, caused by the natural and anthropogenic processes, such as changes of the sun radiation inflow, space, volcanic and tectonic processes, climatic and atmosphere gas composition changes, large disturbance of vegetation and soil cover etc.

In the modern world the mechanics of social-economical destabilization and destruction of the ethnosphere diversity activates very quickly. Russia is one of the few countries, which have potential ability to effectively resist to these destructive processes.

Keywords: super-ethnos, cultural-historical type, environment, natural and anthropogenic processes, ethno-political system.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10002

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 1, с. 34-72

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

*УДК 630*232:[63.45+581.526.6](470.47)*

SOLONETZ COMPLEX OF THE NORTHERN CASPIAN LOWLAND: PHYTO- AND PEDODIVERSITY, RELATIONSHIPS BETWEEN SOILS, MICRORELIEF AND PLANT COMMUNITIES, VARIATION UNDER CLIMATE CHANGES AND GRAZING IMPACT[1]

© 2018. N.B. Khitrov*, N.M. Novikova, A.A. Vyshivkin**, N.A. Volkova****

**V.V. Dokuchaev Soil Institut*
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevsky Lane, 7, Building 2. E-mail: khitrovnb@gmail.com
***Water Problems Institute RAS*
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com

The spatiotemporal changes of phytodiversity and pedodiversity of the solonetz complex were studied in the virgin dry steppe ecosystems of the Northern Caspian Lowland. The main objects under investigation are located on the territory of the Dzhanybek scientific research station of Forestry Institute of Russian Academy of Sciences. The study was based on the detailed and independent mapping of soils, microrelief and vegetation on several plots which represent different types of microrelief. The gathered data and maps, compiled by the authors in 2000s, were compared to the data and maps, compiled by D.L. Mozeson, I.V. Kamenetskaya and M.N. Polskyi in 1950-1955. Estimations of relationships between soils, microrelief and plant communities in the solonetz complex are presented. Changes of solonetz complex components and their relationships due to regional climate changes during the last 50 years, ground water rising and grazing are discussed.
Keywords: Endosalic Solonetz, Haplic Luvisols (Endoprotosalic, Sodic, Protocalcic), Eutric Cambisols (Protocalcic), Haplic Kastanozems, plant communities.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10003

Solonetz complexes occupy vast territories of Eurasia, America and Australia continents. In Russia they are represented in forest-steppe, steppe (560 thousands hectares), dry-steppe and semi desert zones (9030 thousands hectares) with maximum in the latter two (Soil Cover …, 2001). In the XX century territories with solonetz complex was used as pastures and after melioration as tilled fields. Natural areas not under intensive anthropogenic impact have remained mainly within preservations, national parks and scientific experimental stations.

Investigations on the preserved areas permit to observe transformation of ecosystems under natural factors and estimates tendencies of "natural background" changes. In its turn comparative analysis of ecosystems' conditions for preserved territories and those under any anthropogenic influence is the main method to explore the peculiarities of ecosystem transformation under anthropogenic impact.

To search the balance between pasture management and optimum for natural and preserved ecosystems functioning is an important scientific and practice problem being the most urgent for Northern Caspian Lowland, where natural vegetation is the main resource for land management. Natural conditions (arid climate, low soil fertility of solonetz complex) determine range management as the main traditional land use for pastures. To study challenge response of grass ecosystems on grazing is an important research and practice problem, which solution permit to arrange sustainable environment management.

It is important to know interrelations between soils and vegetation and their variations according to microrelief, climatic parameters and groundwater table fluctuations for this problem

[1] This research was supported by Russian Foundation for Basic Research, project no. 03-04-48299; Program research of IWP RAS at 2018; Program No 19 of the Presidium of RAS 2018-2020.

solution. For the Northern Caspian territory such information could be obtained during complex flora, fauna, soils, groundwater and climate parameters investigations from 1950-th till our days within the territory of Dzhanybek scientific research station of Forestry Institute of Russian Academy of Sciences (Mozeson, 1952, 1955; Kamenetzkaya, 1952; Kamenetzkaya et al., 1955; Rode, Polsky, 1961; Biocoenotic Basis …, 1974; Sizemskaya, Sapanov, 2010).

The aim of this chapter is the study of solonetz complex of Northern Caspian Lowland, its plant biodiversity, pedodiversity, relationships between soils, microrelief and plant associations, variation under climate changes and grazing impact.

Objects

The object of research is a solonetz complex at the territory of Dzhanybek experimental station of the Forestry Institute, Russian Academy of Sciences. It is situated in the northwestern part of Pre-Caspian lowland, 30 km north from Elton Lake. According to natural zonation the territory under consideration is included into the closed marine accumulative plain of Khvalyn age occupying the major part of Pre-Caspian lowland in the area between Volga and Ural rivers (Doskach, 1979).

According to the map of geochemical subdivision of the Caspian Lowland the research territory is characterized by domination of chloride-sulfate-sodium saline sediments and soils. Soils of the Dzhanybek research station are characterized by significant contrasts in salinity degree, chemistry of salts and the upper boundary of saline horizon.

Ground waters are qualified as stagnant and their total salt concentration is conjugated with relief and soil type: 5-10 g/l under Solonetz and solonetzic soils on the microhighs, and less 1 g/l under Kastanozems in depressions. Ground water level fluctuates from 4.4 to 7.0 m depending on periodical recharge during spring snow melting in the depressions and evapotranspiration of ecosystems (Sizemskaya, Sapanov, 2010).

It should be mentioned that the territory of Caspian Lowland has a specific ecotone character due to its geological origin. This was the ancient ecotone of the Caspian sea bed which at different time has entered subaerial stage of development. Besides the territory of research is also a zonal ecotone because the border between the steppe and the desert which corresponds to value of the climatic geothermic index of G.N. Vysotsky (1928) equal to 0.5 settles down here. V.A. Nikolaev (2003) characterized this territory as landscape ecotone with intensive fluctuation of natural complexes and prevalence of local factors in dynamics of biocomplexes.

The relief of studied area has elevation of 24-27 m and is largely flat slightly inclined to the south. The monotonous relief is sometimes dissected by shallow closed flat-bottomed mesodepressions, the so-called limans and folds, occupying nearly 10-15% of the total area (Biogeocoenotic Basis ..., 1974). The area of limans is from several to thousand hectares, whereas the area of folds is estimated as several shares to tens hectares. Limans are 2-3 m deep and covered by solodic soils. Folds (0.5-1.5 m deep) are occupied by dark-colored chernozem-like soils. The plain between large closed depressions (85-90% of the total area) displays a clearly expressed microrelief, represented by microelevations as a background, scattered microdepressions of 2-3 to 20-30 m in diameter and microslopes (Bolshakov, Borovsky, 1937; Biogeocoenotic Grounds ..., 1974). Following the statement of many researchers, the microrelief was originated due to sinkhole of Khvalyn saline silty clay loam (Bolshakov, Borovsky, 1937; Doskach, 1979; Mozeson, 1952). The activity of burrowing animals plays a significant role in the microrelief development at the territory under study (Abaturov, 1982).

The vegetation and soil covers are represented by a semidesert solonetz complex in the plain between folds (Kamenetskaya, 1952; Polsky, Rode, 1952; Rode, Polsky, 1961). As evidenced by publications of the above authors, the area confined to microelevations (50-60%) is covered by plant communities of desert type consisting of *Artemisia* sp. and *Kochia* sp. on solonchakous

solonetz soils (WRB: Endosalic Solonetz (Loamic)), while the microdepressions (20-25%) – by herbs association of steppe type on meadow-chestnut soils (WRB: Haplic Kastanozems (Loamic)). In the transitional area (20-25%) on microslopes are widespread the plant communities containing *Pyrethrum* sp. and *Carex caespitosa*[2] of semidesert type on light-chestnut soils (WRB: Eutric Cambisols (Loamic, Protocalcic; Kamenetskaya, 1952; Rode, Polsky, 1961).

Under study was a key site (fig. 1) located within the area investigated in the 1950s (Mozeson, 1952; Kamenetskaya, 1952). The field survey of this site was conducted in 2003-2005; three adjacent microkey sites (0.72, 0.37 and 0.15 ha respectively) were surveyed being represented by microrelief of flat, watershed and radial-domelike type according to suggestion by D.L. Mozeson (1952).

Climate

In the region of Dzhanybek experimental station the mean annual temperature is 7.2°C, in the warm period it is +18.0°C, whereas in the cold period -3.6°C. At the same time annual fluctuations of the air temperature point out to the climate warming. Playing an important ecological role, the climate in the area under study has been thoroughly studied by A.A. Rode (1959) who indicated peculiar features of the climate in the first half of the XX century. A comprehensive analysis of climatic conditions and their changes was made by (Dinesman, 1960; Sotneva, 2004; Sizemskaya, Sapanov, 2010). It becomes evident now that the changes in climatic parameters reveal a trend towards rising the annual temperature for a long period of time from 1951 due to warming in the winter period by 3.6°C and increasing the precipitation amount by 1.2 mm/year (fig. 1).

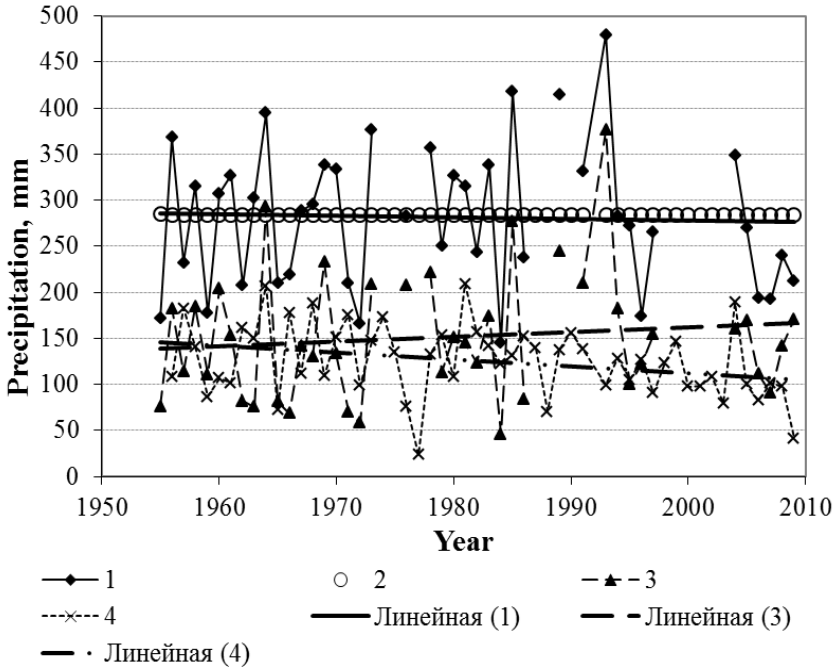


Fig. 1. Fluctuation of precipitations in Dzhanybek during the second half of the XX century. *Legend:* 1 – annual precipitation, 2 – long-term average annual precipitation, 3 – sum of precipitation during the cold period of year, 4 – sum of precipitation during warm period of year. **Рис. 1.** Колебание осадков в Джаныбеке во второй половине XX века. *Условные обозначения:* 1 – годовое количество осадков, 2 – средние многолетние годовые осадки, 3 – сумма осадков за холодный период года, 4 – сумма осадков за теплый период года.

[2] Latin names of species are given according to the book S.K. Tcherepanov (1995).

The precipitation became intensive predominantly in the warm period (March-June and September) that is favorable for the plant growth and development. In July and August the rainfall is rather low (Sizemskaya, Sapanov, 2010).

Climatic parameters display periodical fluctuations resulted in increasing and decreasing the water supply of soils and plants.

To give an integral assessment of the climate parameters changing with time, we used a hydrothermic coefficient (HTC) offered by G.T. Selyaninov and calculated through the formula: HTC=10P/ΣT, where P – precipitation, ΣT – the sum of active temperatures for the period of mean daily temperature higher than 0°C (fig. 2).

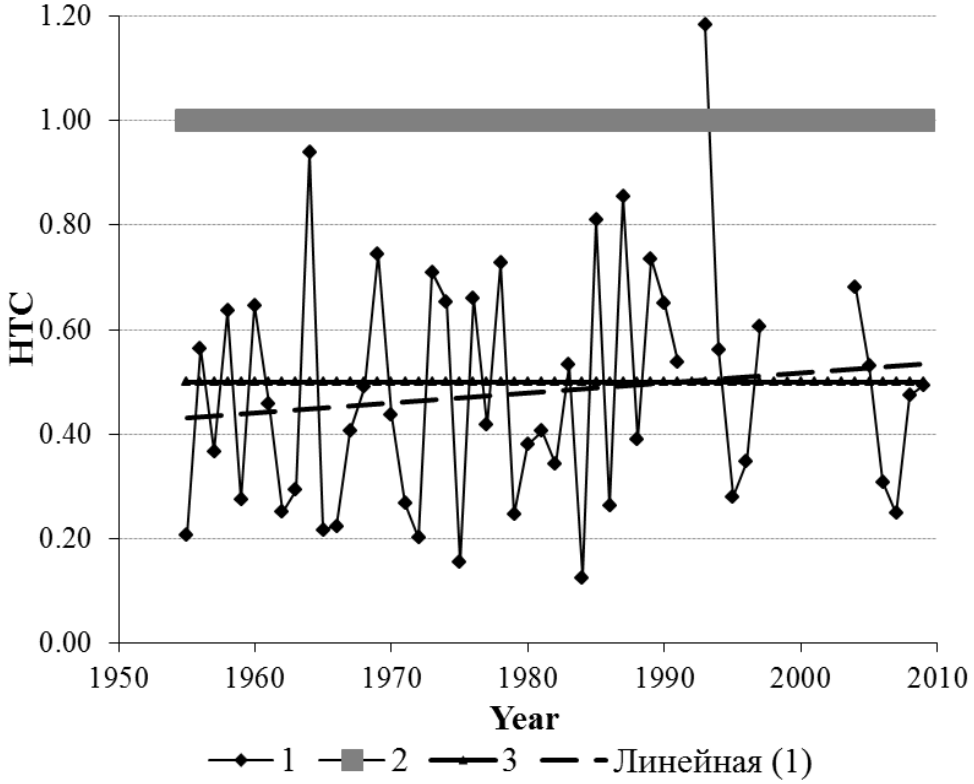


Fig. 2. Fluctuation of annual hydrothermal coefficient (HTC) in Dzhanybek during 1955-2009. *Legend:* 1 – annual HTC, 2 – HTC=1.0 (climatic boundary between forest-steppe and steppe), 3 – HTC=0.5 (climatic boundary between steppe and desert), 4 – linear trend of annual HTC.

Рис. 2. Колебание годового гидротермического коэффициента (ГТК) в Джаныбеке в течение 1955-2009. *Условные обозначения:* 1 – ежегодные значения ГТК, 2 – значение ГТК=1.0 (климатическая граница между лесостепной и степной зонами), 3 – значение ГТК=0.5 (климатическая граница между степной и пустынной зонами), 4 – линейный тренд годовых значений ГТК.

The calculations showed that HTC is estimated as 0.47 for the period from 1951 to 2009. It means that HTC well agrees with desert conditions, because the boundary between the steppe and the desert corresponds to HTC equaled to 0.5. It is known that the years with HTC<0.5 (climatic conditions of the desert) are observed more frequently (by 1.5 times) as compared to those characterized by HTC>0.5 (climatic conditions of the steppe). Typical for the drying period low HTC (<0.22) was observed only 6 times during 53 years. Although statistical trend of HTC rising was rather low (r=0.13) during the 1990s and the early 2000s the territory under consideration.

Thus, the climate changes reveal trends towards increasing the temperature in cold period,

intensifying the precipitation in summer and fluctuating of the HTC values were similar to ones identified at the territory of the East-European plain. However, this process assumes a fluctuating character with alternation of intensive water supply and water deficiency and droughts.

The rise in temperature during the cold period showed changes of ecological conditions of solonetz complex. The surface runoff of thawing waters was declined promoting the increase water accumulation in the soil and supply water by plants from solonchakous solonetz at the microelevations, and decrease runoff accumulation in depressions. In the other words, the water accumulation and supply became less contrast in separate relief elements, whereas in the 1950s the microdepressions received about 80% of thawing waters but microelevations – only 20%. The field observations at the territory of this experimental station showed that the water runoff occurred every 5-6 years before 1995, being stopped after this time. It means that the conditions for water supply have been changed due to climate warming in the autumn-winter period.

Methods

To study the solonetz complex, traditional methods of field observation were performed for identifying a great variety of vegetation and soils in combination with detail mapping of microrelief, soils and plant associations. The key sites were chosen at the territory that was mapped 50 years ago.

Geobotanical research. GPS "Garmin-12" was used to fix geographical coordinates of points for geobotanic description in key sites. Herbarium composing of 49 plant species made it possible to create a database of geobotanic descriptions and classify the plant communities by means of ECOL and SPSS-11 programs. The large-scale mapping was based upon a preliminary elaborated legend and coordinate network presented by a measuring tape (band) 50 m long, stationary bands lying parallel every 2 m and a short tape (2 m) for perpendicular measuring. The boundaries between plant communities were determined by usual geobotanic description of the area identified in such a way.

The geobotanical information was comprehensively analyzed as based upon the data obtained in the 2000s and 1950s. 50 years ago there was a list of plant species, their constant amount in three biotopes (microdepression, slope, microelevation) and geobotanic characteristics of plant communities (Kamenetskaya, 1952; Kamenetskaya et al., 1955), the data obtained in 2003-2004 were analyzed by identical methods to be precisely compared. The plant communities were classified on a dominant basis, what permitted to distinguish 3 groups of basic vegetation components in the solonetz complex: plant communities in microelevations, on slopes and in microdepressions. The first component is represented by plant communities, where *Kochia prostrata* is dominant. The plant communities of the second component are predominated by *Tanacetum achilleifolium.* In the herbaceous vegetation of microdepressions *Festuca valesiaca, Agropyron desertorum, Medicago romanica, Galium ruthenicum* and *Jurinea multiflora* prevail. It allowed comparing the above groups of plant communities according to the composition of plant species (the total amount, the composition of species and their quantity in a geobotanical plot), the structure (total projecting cover, constant plant species and their abundance) as well as the syntaxonomic structure of vegetation confined to relief elements. This method of comparative analysis made it possible to obtain the characteristics of changes in the composition and structure of plant communities, to define a trend of these processes. Special attention was paid to the plant species, their abundance and demographic structure of perennial populations, the projecting cover but the presence of annual plant species, which can be varied in dependence on the weather conditions, were studied to a lesser extent.

The analysis of data obtained in the course of large-scale geobotanical survey in 2000 was made with the aim at identifying the areas occupied by plant communities of different formations

and associations, their neighboring position and location in relief. These characteristics were compared with those obtained in the 1950s in the same key site. The cartographic analysis like as the analysis of ecological-coenotic structure of plant communities and biodiversity allowed judging about the changes taken place in the vegetation cover at the given territory.

The soil mapping was carried out at scale of 1:200. The vegetation and relief as soil indicators were used only at the initial stage of identifying a diversity of soils and tentative estimating the position of area boundaries. Afterwards the soil areas were determined only by interpolation between the observation points provided with morphological description (946 points in the key area of 0.7 ha, 965 points in the key area of 0.37 ha and 523 points in the key area of 0.15 ha) as well as by additional specific observations along the area boundary. The latter included the carbonate effervescence (every 15-25 cm) appeared at a definite depth and the presence of the solonetzic horizon with the help of knife or spade penetrating.

It is worth emphasizing that the field survey was conducted as based upon the principle of minimal adverse effects on the soil and plant cover. In the semidesert of the Northern Caspian region the soil cover remains destructed by pits and transects for a long period of time. To retain the test area for further monitoring, our observations had a sparing character and allowed detecting a required system of diagnostic soil features without any destruction of the soil and vegetation. The specific of the studied soil cover pattern is a possibility to identify major soils using properties of the topsoil at a depth of 20-30 cm. To identify these soils, it is rather sufficient to make a wedge-shaped cut by spade and then hand borer to the required depth. Having described the soil, the hole and the cut were closed again. The meadow-chestnut soils are described to the depth of 70-90 cm where carbonates occur. A simple vertical sequence of soil horizons permits to identify these soils by hand boring.

Based upon the created maps the elementary soil areas were calculated via computer and the statistical processing of the obtained data by Excel.

Evaluation of pedodiversity was carried out using Shannon's Diversity Index (SHDI) and Shannon's Evenness Index (SHEI; Saldana, Ibanez, 2007; Lo Papa et al., 2011). Three soil classifications were used: Classification and diagnostics of soil of the USSR (K-1977; Classification …, 1977), Russian soil classification system (RSCS; Classification …, 2004; Field Guide …, 2008) and World Reference Base for Soil Resources (WRB; IUSS, 2007).

The mapping survey of microrelief was conducted in the following way. The key site was divided into squares (50x100 m) by theodolite and measuring tape. The core rods in some corners were provided with guide marks for base leveling. A mark remained since the 1950s, was used as a constant one. A randomized grid cell mapping with the step of 1-2 m was carried out being accompanied by additional points on hillocks, in a lower position of depressions, in bends of natural and artificial origin. SURFER programs helped to obtain the mapping relief images.

The boundaries of the area mapped by D.L. Mozeson 50 years ago (Mozeson, 1952, 1955) have no bonding with points of the survey grid, that is why three stages were used for overlaying the map created in the 1950s with that compiled in the 2000s.

First, the map by D.L. Mozeson was overlaid with a grid of planned coordinates obtained within the research in 2000s. A transparent film with vertical section of horizontals every 1 cm and variegated images of curved relief elements that characterizes the key site fragment (150x250 m at scale of 1:1000) was taken for this purpose. Having a complicated picture of the relief image, all the existing hillocks and depressions of different configuration were overlaid by hand.

The second stage was correlation of the elevation marks for two periods because Mozeson's map has a height scale with conditional zero. All the intersection points (about 1300) of relief horizontals at Mozeson's map with lines of coordinate grid compiled in 2000s were accounted. The modern elevation of these points was calculated by interpolation method. The statistical mode of the height difference between two maps in every point was used for correction of conditional zero in

the height coordinate system obtained during the survey in 2003-2005. It was supposed that such correction permits to obtain the most reliable results. One should stress that the maps compiled by D.L. Mozeson and published in different years, revealed different height marks. We used only the original map published in 1952.

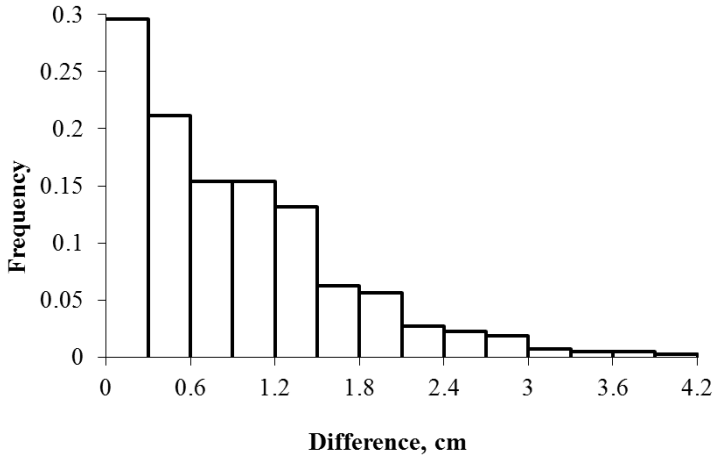


Fig. 3. Histogram of the difference between repeated elevation measurements.
Рис. 3. Гистограмма разницы между повторными измерениями высоты.

At the third stage the mapping relief image was obtained with section of horizontals (10 cm) as a result of surveying in 2000s. The original map compiled by D.L. Mozeson was digitized to calculate spatial distribution of elevation changes.

Since the natural surface displays a nanorelief and its major part is covered with densely tufted grass the deviations could occur in measurements due to differential leveling. In this context, the elevation was repeatedly measured in different days along the lines of adjacent squares. Figure 3 demonstrates a histogram of the difference between repeated elevation measurements. General standard deviation (s) is 0.89 cm, so it was supposed that unchanged or stable positions of microrelief are within ±3s or approximately ±3 cm.

Kriging-method and SURFER programs were used to compile maps of microrelief and their difference.

Microrelief of the Solonetz Complex and its Changing for 50 Years

Microrelief of the solonetz complex is elevated with an amplitude from 0.4 to 1.0 m at a distance of 5-10 to 40-50 m. It is represented by slightly convex microelevations complicated by microhillocks formed due to the burrowing activity of animals, microdepressions with a flat or slightly concave bottom and microslopes (fig. 4).

The microrelief development is affected by such processes as solution subsidence (Bolshakov, 1937; Doskach, 1979; Mozeson, 1952), surface heaving action due to accumulation of soluble salts at the depth of 1-4 m (Rode, Polsky, 1961), and the burrowing activity of animals (Abaturov, 1982).

D.L. Mozeson (1952, 1955) has identified three types of microrelief, such as flat, watershed and radial-domelike to be different in their size, deepness, mutually arranged depressions and other parameters.

The radial-domelike type of microrelief is an elevated slightly contrasting surface with the height in the range of 30-50 cm. The territory of this microrelief is identical to a dome 1-meter-high with radial microridges and hillocks in the sequence of stretching microdepressions.

The radial-domelike type of microrelief is an elevated slightly contrasting surface with the height in the range of 30-50 cm. The territory of this microrelief is identical to a dome 1-meter-high with radial microridges and hillocks in the sequence of stretching microdepressions.

The watershed type of microrelief is an elevated contrasting surface with a height changing from 50 to 100 cm at a distance of 5-25 m. This is a combination of comparatively small convex, roundish and slightly stretching microdepressions surrounded by microhillocks.

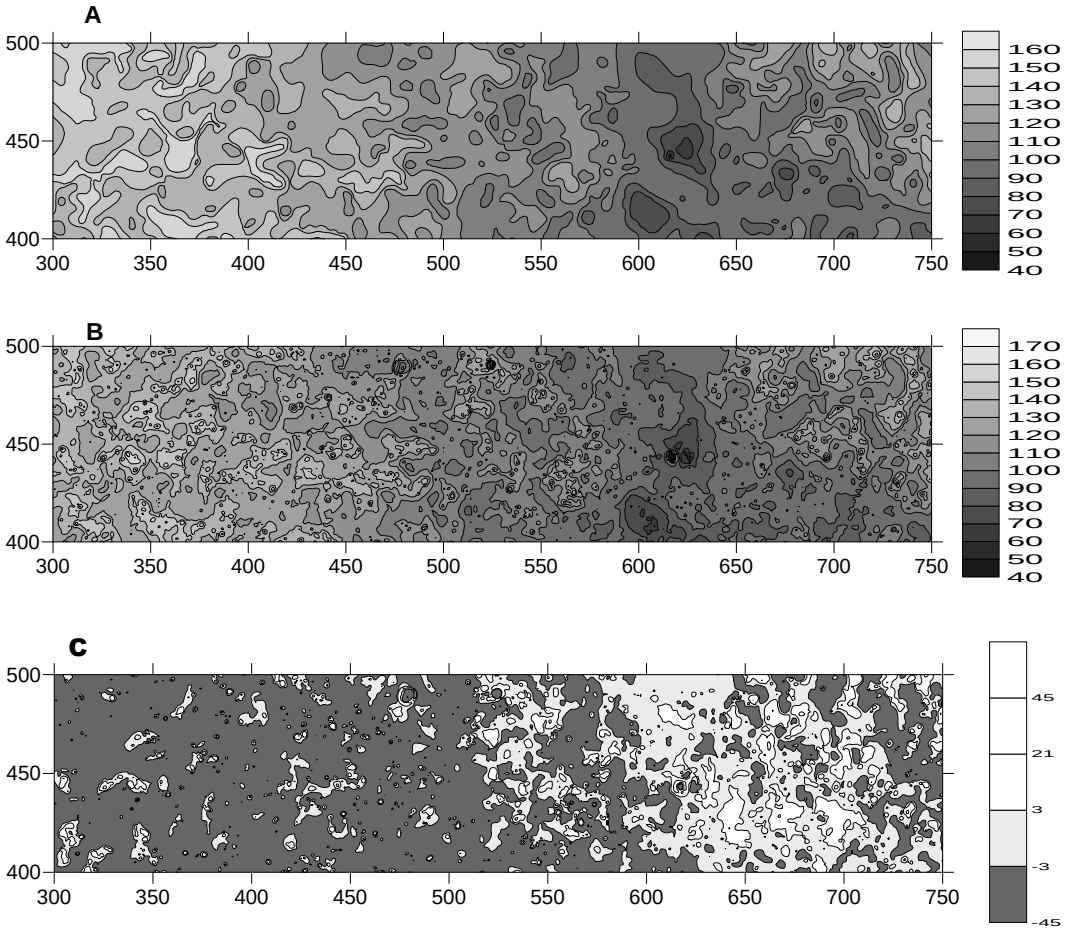


Fig. 4. Microrelief of studied area and its changes during the second half of the XX century. *Legend:* A – digitized copy of map compiled by D.L. Mozeson (1955), B – map compiled in 2000s, C – elevation difference after 50 years. **Рис. 4.** Микрорельеф исследуемой территории и его изменение в течение второй половины XX века. *Условные обозначения:* А – оцифрованные копии карт, составленные Д.Л. Мозесоном (1955), Б – карта, составленная в 2000-х, С – разница высот через 50 лет.

The flat type of microrelief is a lower surface with large microdepressions, the height of which is ranged from 50 to 70 cm at a distance of 15-40 m.

When comparing digital models of relief in the studied solonetz complex using the data obtained in the 1950s and 2000s, it seemed reasonable to notice that for watershed and flat types of microrelief almost a half of the studied area remained unchanged, one third was sagged from 4 to 20 cm and about a sixth part of the area was found to be elevated by 4-25 cm (fig. 4, right).

The unchanged area looks like a continuous network of the main microrelief elements inimitable in its picture of mutually arranged contrasting microdepressions and microelevations. It

allowed identifying this area by means of maps published in 1950s (Mozeson, 1952, 1955) superposed with those compiled in 2000s (Khitrov, 2005; Khitrov, Omelchenko, 2006).

Against a background of areas unchanged for 50 years the sagged area forms an interrupted network, in polygonal cells of which the elevated areas are distributed.

It was possible to observe uneven surface sagging to 10-20 cm in microrelief of radial-domelike type (80-90% of the total area) probably due to rising groundwater table and capillary fringe resulted in moistening of dry salt horizons in the vadose zone (fig. 4, left).

Microrelief changes with positive sign of deviation are different by nature. The elevation (5-25 cm) is associated with the burrowing activity of animals and gophers (*Spermophilus pygmaeus*) in particular. As a result, elevated old and new microhillocks occur and the ground thrown out by animals is taken away at a distance of 1.5-4 m, thus elevating the soil surface. Special field testing of elevated position demonstrated clearly dependence between positive changes of microrelief and the carbonate material of subsoil horizons thrown out not long ago by animals on the ground surface. This material is clearly identified as differed from the AJ and SEL horizons by the carbonate content, color and structure. Moreover, it is feasible to see this material accumulated in consecutive order and in different time.

A small heaving action of the surface (to 4-5 cm) is marked in wide elevated microrelief elements and in the upper part of microslopes adjacent to them. It is explained by the recent pedogenic accumulation of the secondary carbonates in surface horizons of some light-chestnut soils (Eutric Cambisols (Protocalcic)) and Endosalic Solonetz. These soils are mentioned in the following section describing the soil diversity at the studied territory.

The other part of elevated areas (5-7 cm), which has being formed for 50 years, is characterized by absent traces of ground accumulation at the soil surface and substance accumulation in the upper soil horizons. Such areas are confined to the bottom of stretching depressions, dissecting it in several microdepressions. In some cases the bottom edges seem elevated in a depression, decreasing its area. These areas are also identified on microslopes and microelevations. As far as the surface horizons reveal no features of recent accumulation of an additional material, one should assume a local rise of the entire soil profile and the underlying parent material. The hypothesis of surface heaving action due to accumulation of soluble salts at a depth of 1-4 m resulted from the rise of the groundwater level to 4-5 m and the capillary fringe to the soil surface (Rode, Polsky, 1961) is hardly applicable, because the accumulated salts remain in the soil solution causing no changes in the soil or ground volume. It is suggested that a plastic deformation of grounds saturated by water is more reliable and correct. Due to such deformation some blocks are locally sagged and compensated by the rise of the other blocks (Khitrov, 2005).

Changes with negative sign of difference taken place for 50 years are also observed in all the microrelief elements.

There exists an ordinary event, where the surface of microelevations is sagged by 10-20 cm and forms new depressions, the latter being covered by solonetz (WRB: Endosalic Solonetz) and chestnut solonetzic soils (WRB: Haplic Luvisols (Loamic, Cutanic, Sodic, Protocalcic)) reveal a new stage of their evolution due to intensive leaching of the soil profile. As a result, the maximum of the salt content is removed into lower horizons (fig. 5) and the local ground water concentration of soluble salts is increased. B.D. Abaturov (1982) suggested a cause for forming such depressions resulted from the burrowing activity of animals. Large closed cavities formed by animals for hibernation become opened to the surface in spring due to animal makes a move as a vertical tube. The cavities are further filled up by water promoting local removal of salts and sagging of the surface; in its turn, it increases the possible input of a new water portion with all the ensuing consequences.

The sagging of microsaddles is also observed between adjacent microdepressions or their disappearance between local microdepressions in bottoms of middle-sized depressions. It is possible

to observe sagging of gentle microslopes (to 5-7 cm) adjacent to large microdepressions, thus expanding the area up to 1.5-4 m. The possible mechanism responsible for this phenomenon is a solution subsidence associated with salt leaching in light-chestnut soils (WRB: Eutric Cambisols (Loamic, Protocalcic)) on microslopes and in small microdepressions.

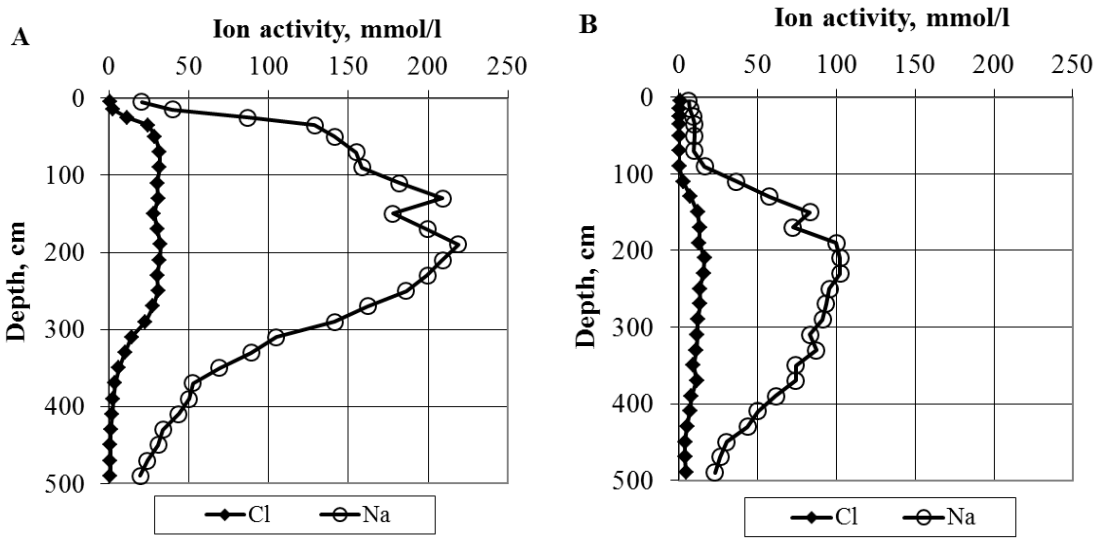


Fig. 5. Vertical distribution of sodium activity and chloride activity measured in soil saturated paste of Solonetzs located in stable microelevation (A) and in recently sagged microdepression (B).
Рис. 5. Распределение активности ионов натрия и хлоридов, измеренных в насыщенной почвенной пасте по профилю солонцов, расположенных на стабильном микроповышении (А) и в недавно возникшем микропонижении (Б).

Phytodiversity

According to modern knowledge the research territory on the north-west of Caspian Lowland located northward to latitude 48° N (geographical coordinates of the research station are 49°24' N and 46°48' E) belongs to the southern subzone of steppe zone, to the area where most xerophytic steppe vegetation is formed (suffruticose – sod tussock grassland desertified communities), with domination of *Stipaeta sareptana* formations and codomination of suffruticose sages *Artemisia pauciflora* and *A. lerchiana*. The only place in Europe where these communities can be found is south-eastern part of the steppe zone on the border of desert zone (Zones and …, 1999; Safronova, 2002; Map of the Natural Vegetation …, 2000). Vegetation of the vicinity of the experimental station is represented by trinomial complex: dominated by *Kochia prostrata-Artemisia pauciflora* communities occupying solonetz soils (Endosalic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic)) on elevations of microrelief; *Leymus ramosus-Agropyron desertorum, Tanacetum achilleifolium, Agropyron desertorum* communities and *Kochia prostrata-Tanacetum achilleifolium* communities growing on light-chestnut soils (Eutric Cambisols (Protocalcic)) of microslopes; *Mixteherbosa-Gramineae* communities with such dominants as *Stipa lessingiana, S. sareptana, Festuca valesiaca, Elytrigia repens* and co-dominants *Galatella villosa* and *Jurinea multiflora* in micro-depressions with dark-colored meadow-chestnut soils (Haplic Kastanozems; Kamenetskaya, 1952).

Comparison of modern vegetation of solonetz complex on the reserved territory with vegetation observed in 1950. In order to reveal changes of vegetation over a period of more than 50 years floristic and phytocoenotic structure of vegetation of the solonetz complex was compared. Natural vegetation and flora of virgin parts of the research station was first studied by I.V. Kamenetskaya

(1952), later by T.K. Gordeeva and I.V. Larin (1965). Modern study of flora was carried out by A.P. Sukhorukov (2005).

Floristic structure and its changes over a period of 50 years. Flora of the research station consists of 108 species of vascular plants (Gordeeva, Larin, 1965). Research of A.P. Sukhorukov (2005) showed that taxonomic structure of vegetation did not change a lot over 50 years.

Comparison of floristic complex for two terms of observations was carried out according to several characteristics: frequency and phytocoenotic role of the most widespread species – dominants of the communities on the main elements of microrelief (microelevations, slopes, microdepressions, table 1); similarity of species composition of the plant communities on basic elements of microrelief within each relief element during the different climatic periods (table 2). Comparison was carried out basing on 150 geobotanical descriptions executed in the same key points in different periods by I.V. Kamenetskaya (1952) in the 1950th and by the authors in 2002-2004. It appeared that during different periods of observations the general species list differed a little. Families *Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae* are steadily leading. The main changes are revealed due to change of species distribution at the elements of microrelief (table 1).

The frequency of occurrence for the species overall at this site were calculated as the percentage of meetings of this type from the total number of descriptions (150) as it was done before by I.V. Kamenetskaya (1952). The frequency of occurrence of the species at the element of microrelief was calculated as the percentage of descriptions in which the species was met from the General array of the descriptions made at this element of the microrelief. The abundance of the species in the element of microrelief reflects the full range of values identified in the descriptions.

In the 2000s, compared to 1950s frequency of graminoids, the dominant in communities, earlier confined to microdepressions, increased (table 1, column 0*). For example, frequency of *Festuca valesiaca* increases from 66 to 77%, *Stipa capillata* – from 36 to 47%. However, changes in the frequency of occurrence of the species are ambiguous at the different elements of relief. *Festuca valesiaca* frequency of occurrence increased almost 7 times at microelevation, decreased slightly at microslopes, and remained unchanged at the microdepressions. Phytocoenotic role of this species increased at microslopes. As a result, it became dominant both at microdepressions and at microslopes.

Stipa capillata did not met at microelevations in 1950s, and currently, the frequency of its meetings is 17%, has increased at the microslopes by almost two times, and decreased at the microdepressions by almost a third. In the 2000s phytocoenotic role of *Stipa capillata* increased at all microrelief elements, and it became one of the dominants in communities at the microdepressions.

The frequency of occurrence of species typical for microslopes (*Agropyron desertorum* and *Tanacetum achilleifolium*) changed differently. Frequency of *Agropyron desertorum* remained approximately the same (54 and 56%) with increasing of meetings in the microdepressions, and one of *Tanacetum achilleifolium* decreased almost two times due to a decline in meetings at microelevations and microdepressions. Phytocoenotic role of *Agropyron desertorum* increased for all elements of the microrelief, but it dominates at microslopes. Phytocoenotic role of *Tanacetum achilleifolium* has not changed. It is dominant in the communities at microslopes.

Dwarf shrubs (*Kochia prostrata, Artemisia pauciflora*) were dominant on micro-elevations in 1950s and occurred at other elements of microrelief too. Their frequency of occurrence dramatically reduced in 2000th. The number of meetings *Kochia prostrata* decreased due to decreasing of its occurrence at microslopes and microdepressions, while at microelevations this species is registered in all descriptions and is a dominant as before. Whilst, occurrence and phytocenotic role of *Artemisia pauciflora* decreased at all elements of the microrelief, and this species ceased to be a dominant.

Frequency of *Poa bulbosa* decreased which can be explained by the cessation of grazing.

Decreasing of the frequency of occurrence *Leymus ramosus* is due to the reduction of soil material recovery on the surface by ground squirrels, the number of which is strongly reduced in this area in the 2000s.

Thus, the main trend of vegetation changes during the period from 1950s till 2000s is an expansion of graminea species at the most elements of microrelief and increasing their phytocenotic role in the communities. At the same time, the analogous indicators for species of dwarf shrubs decreased.

Table 1. Frequency and phytocoenotic role of the most widespread species on the preserved plot of the Dzhanybek research station. **Таблица 1.** Частота встречаемости и фитоценотическая роль наиболее распространенных видов на охраняемом участке научно-исследовательской станции Джаныбек.

Species	Years	Frequency, %				Abundance (phytocoenotic role)		
		0*	1**	2**	3**	1	2	3
Festuca valesiaca	1950	66	9	89	100	rar-sol	sol	sp
	2000	77	62	71	100	rar-sol	sol-cop	sol-cop
Agropyron desertorum	1950	54	63	96	4	rar-sol	sp	sol
	2000	56	62	89	37	rar-sp	sol-cop	sol-sp
Asrtemisia austriaca	1950	59	2	75	100	sol	sol-sp	sp
	2000	54	10	69	75	rar-sol	rar-sp	sol-sp
Poa bulbosa	1950	99	97	100	99	sp	sp	sp
	2000	50	72	32	50	sol-cop	sol	sol
Stipa capillata	1950	36	–	13	93	–	rar-sol	sp
	2000	49	17	28	60	rar-sol	sol-sp	sol-cop
Leymus ramosus	1950	93	92	100	87	sol	sp	sol
	2000	47	69	63	22	sol-sp	sol-cop	sol-sp
Kochia prostrata	1950	79	100	89	47	sp-cop	sol	rar
	2000	41	100	30	17	sp-cop	rar-sol	rar
Tanacetum achilleifolium	1950	86	74	94	89	sol	sp-cop	rar-sol
	2000	40	24	73	27	sol-sp	sp-cop	rar-sol
Artemisia pauciflora	1950	67	100	72	31	sp-cop	rar-sol	rar
	2000	22	79	11	5	rar-sp	rar-sol	rar-sol

Notes to table 1: * – calculated for the whole key site, ** – calculated for each component of solonetz complex separately (1 – microelevations, 2 – microslopes, 3 – microdepressions), line – no species. **Примечания к таблице 1:** * – рассчитано для всего участка, ** – рассчитано для каждого элемента солонцового комплекса отдельно (1 – микроповышения, 2 – микросклоны, 3 – микропонижения), прочерк – нет видов.

Species composition of plant communities at basic elements of microrelief had different similarity between each other in each period of observation separately (table 2). In the 1950th the maximum similarity was noted between communities of microelevations and microslopes (43%), and the minimum – between communities of microelevations and microdepressions (19%). In the 2000th similarity of species composition increased at all elements of microrelief and the range of variation of similarity values decreased: minimum – between communities of microelevations and

microdepressions (35%), maximum – between communities of microslopes and microdepressions (46%). The values of similarity changed during the second half of the XX century. Great increasing of similarity was observed between microelevations and microdepressions (from 19 to 35%), the least – between microelevations and microslopes (from 43 to 45%; table 2).

The maximum similarity of species composition of the plant communities at the same elements of microrelief in 1950s and 2000s was registered for the microdepressions and the minimum – for microelevations (table 3). In other words, the greatest changes in species composition of communities happened at microelevations, a bit less great changes – at microslopes, and the least ones – at microdepressions.

Table 2. Similarity of species composition of plant communities on the main elements of microrelief, according to the data, obtained in 1950s and 2000s (%). **Таблица 2.** Сходство видового состава растительных сообществ на основных элементах микрорельефа, по данным, полученным в 1950-х и 2000-х годах (%).

Compared components of solonetzic complex	Similarity (%) of species composition of the plant communities in	
	1950	2000
1-2	43	45
1-3	19	35
2-3	37	46

Notes to table 2: 1-3 – elements of microrelief of the solonetz complex: 1 – microelevations, 2 – microslopes, 3 – microdepressions. **Примечания к таблице 2:** 1-3 – элементы микрорельефа солонцового комплекса: 1 – микроповышения, 2 – микросклоны, 3 – микропонижения;

Table 3. Similarity of species composition of plant communities on the same elements of microrelief in 1950s and 2000s (%). **Таблица 3.** Сходство видового состава растительных сообществ на одинаковых элементах микрорельефа в 1950-х и 2000-х годах (%).

Components of solonetzic complex		1950		
		1	2	3
2000	1	41	–	–
	2	–	51	–
	3	–	–	80

Notes to table 3: 1-3 – elements of microrelief of the solonetz complex: 1 – microelevations, 2 – microslopes, 3 – microdepressions. **Примечания к таблице 3:** 1-3 – элементы микрорельефа солонцового комплекса: 1 – микроповышения, 2 – микросклоны, 3 – микропонижения;

Change of plant communities. Along with stated above changes of spatial structure and phytocoenotic role of some species of plants, changes of syntaxon structure (plant communities, fig. 6) were marked: communities with domination of a black wormwood (*Artemisia pauciflora*) which doesn't take out overmoistening disappeared, its place was taken by leban (*Kochia prostrata*). Communities with domination of steppe lucerne (*Medicago romanica*) and other species appeared.

Modern characteristics of components of the solonetz complex on the reserved site were established (table 4, fig. 6). These characteristics can be used as a "key" to the territory located out of the reserved area and affected by grazing.

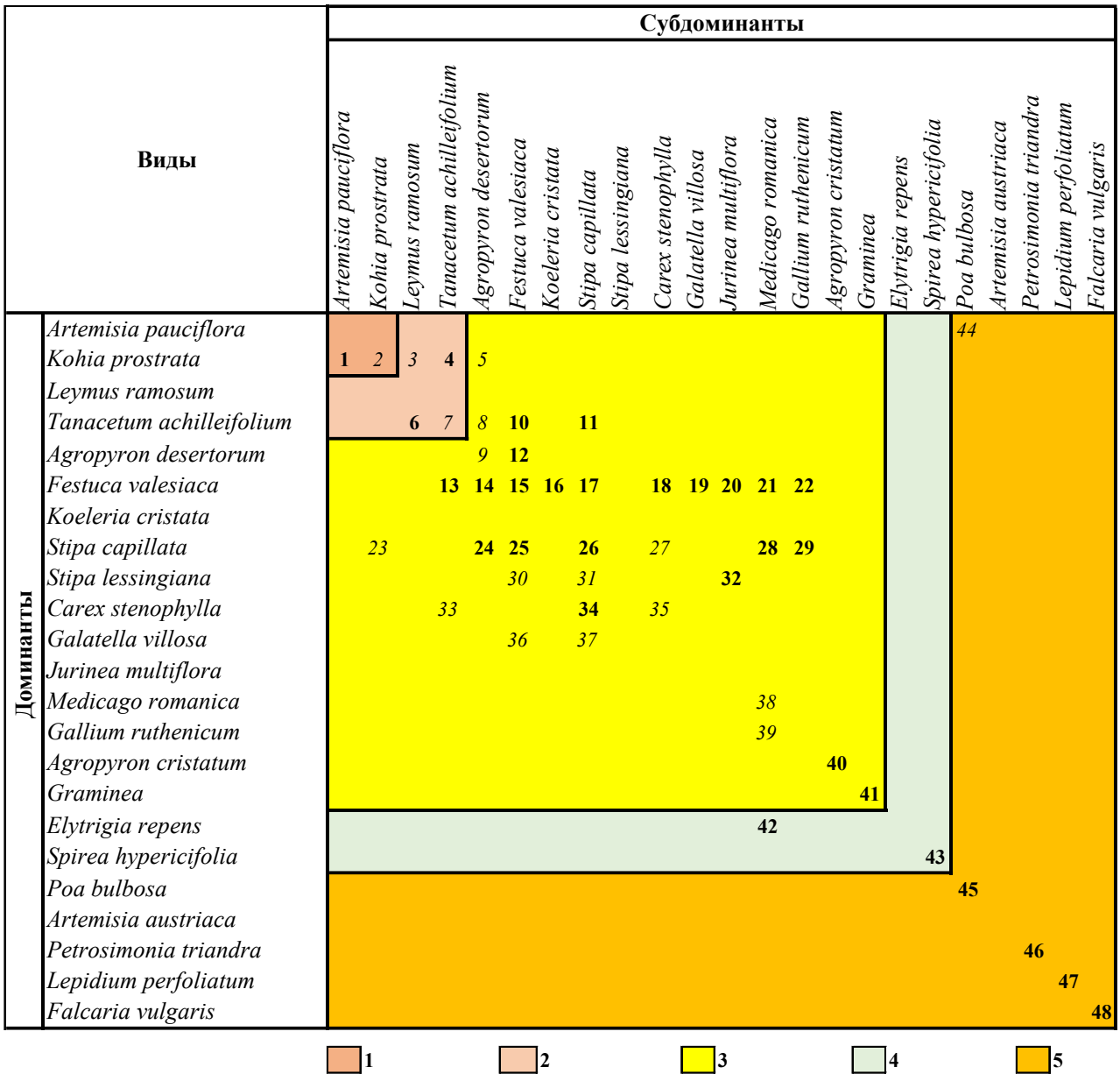


Fig. 6. Dominants and subdominants of the plant communities in different observation dates. In vertical list – dominants of communities, in horizontal list – co-dominants. In bold type – numbers of communities that were not met in 1950s. *Legend.* **C**ommunity: 1 – elevations, 2 – slopes, 3 – depressions, 4 – deep depressions, 5 – weed. **Рис. 6.** Доминанты и субдоминанты растительных сообществ в разные даты наблюдений. Жирным шрифтом выделены сообщества, которые не были встречены в 1950-е годы. *Условные обозначения.* Сообщества*:* 1 – повышений, 2 – склонов, 3 – понижений, 4 – глубоких понижений, 5 – сорные.

The intersection of dominant and subdominant on the figure 6 is indicated by the sequence number of their plant community. This number was assigned to communities during creation of the legend to the vegetation map. Italic type of number represents the community that was not described by I.V. Kamenetskaya in 1950s. These communities emerged due to change of the phytocoenotic role of some species: the role of *Festuca valesiaca, Stipa capillata, Agropyron desertorum* increases and the role of *Artemisia pauciflora, Poa bulbosa* etc. decreases.

Soil Diversity in the Studied Solonetz Complex

The soil cover pattern of key sites in the area of virgin solonetz complex is represented by meadow-chestnut (Haplic Kastanozem (Loamic) in WRB), light-chestnut non-solonetzic (WRB: Eutric Cambisol (Loamic Protocalcic, Ochric)), light-chestnut solonetzic soils (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, Differentic, Hypereutric, Ochric, Sodic, Protocalcic, Endoprotosalic)) and crusty solonetzes (WRB: Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)). Brief description of these soils is the following.

The profile of meadow-chestnut soils (WRB: Haplic Kastanozem (Loamic)) is the following: AU-BM-BCAmc-BCca in terms of RSCS or Ah-B-Bk-BC in terms of FAO (Guidelines for soil description, 2006). The surface dark-humus horizon AU reveals diagnostic features inherent to Mollic horizon in WRB. Its thickness ranges from 20 to 40 cm. It is followed by structural-metamorphic horizon BM that has no carbonates due to its annual leaching in the spring and corresponds to Cambic horizon in WRB. In the central part of area its thickness is 15-25 cm, being declined to 5-7 cm in the periphery. At a depth of 40-70 cm there is an accumulative-carbonate horizon BCAmc enriched with secondary calcium carbonates as pseudomicelia. Being varied from 40 to 70-80 cm, it corresponds to protocalcic properties and very seldom to Calcic horizon in WRB. The profile is completed by BCca horizon as a transitional horizon to the parent material with carbonates. These soils occupy bottom of microdepressions under herb vegetation. After snowmelt in spring the soil profile is completely moistening by thawing water that is why there are no soluble salts along their profile up to the groundwater level at a depth of 5-7 m.

Table 4. Parameters of structure-functional organization of vegetation of the solonetz complex on the reserved area in 2003. **Таблица 4.** Параметры структурно-функциональной организации растительности солонцового комплекса на заповедной территории в 2003 году.

Characteristics of plant communities	**Components of the solonetz complex (plant associations and soils)**		
	Communities of *Kochia prostrata-Artemisia pauciflora* on solonetz soil	**Communities dominated by *Tanacetum achilleifolium* on light-chestnut soils**	***Mixteherbosa-Gramineae* communities on meadow-chestnut soils**
Total number of species	30	40	64
Number of species on the observation plot	12	16	27
Total projective cover, %	30-40	60-70	70-100
Productivity, (air-dry weight), g/m^2	112-109	153-148	235-330

The light-chestnut soils (WRB: Eutric Cambisol (Loamic Protocalcic, Ochric)) have a natural type of the profile: AJ-BCAmc-BCca (or A-Bk-BC). The surface light-humus horizon AJ is light gray in color (10YR 6/1 … 7/2), crumby-granular, it has a neutral or slightly alkaline reaction (pH 7-8.3). Carbonates may occur sometimes in its lower part. The thickness varies from 5 to 20-25 cm. In WRB there is no analog to this horizon. Beneath this horizon there exists an accumulative-carbonate horizon BCAmc with carbonate pseudomicelia. The carbonate content is usually varied from 4-5 to 10-14% that is more than in parent material (Protocalcic qualifier of WRB). The major part of the profile has no soluble salts; the latter being appeared only in BCca horizon and the parent material at a depth of 1 to 2-3 m. The light-chestnut soils are common in different positions of the microrelief under plant communities predominated by *Pyrethrum sp*. and

Carex caespitosa.

The chestnut solonetzic solonchakous soil (WRB: Haplic Luvisol (Laomic, Cutanic, Differentic, Hypereutric, Ochric, Sodic, Protocalcic, Endoprotosalic)) has a more complicated profile: AJ-BMKsn-BCAmc,s-BCca,s,cs (or A-Bt-Bk-BCy). Beneath the light-humus horizon AJ there is a xerometamorphic BMK horizon complicated by features of solonetzic properties (sn). It has prismatic structure, the presence of sporadic humus-clayey cutans on sides of many aggregates and the content of exchangeable sodium about 5-15% from CEC. Carbonates are usually absent in this horizon. It has insufficient features to be identified as Natric horizon in WRB and corresponds more to Argic horizon. The sum of exchangeable Mg and Na equaled to more than 15% from CEC corresponds to Sodic qualifier. This horizon is followed by an accumulative-carbonate ones BCAmc,s with secondary calcium carbonates as pseudomicelia and soluble salts as well. Electrical conductivity of saturation extract (EC_{se}) varies from 4 to 8 dS/m. The underlying BCca,s,cs as a transitional horizon to the parent material reveals the carbonates, soluble salts and gypsum druses. The presence of the rather small amount of salts at a depth of more than 50 cm makes it feasible to consider as Endoprotosalic qualifier in WRB. The chestnut solonetzic soils occur on microslopes and microhillocks under vegetation composing of *Artemisia* sp. and *Kochia* sp.

One of significant component of soil cover pattern is Solonetz. These soils have the similar name both in RSCS and in WRB. The full soil name in WRB-2015 is Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic). Soil profile of Solonetz is SEL-BSN-BCAmc,s,cs-BCca,s,cs (or E-Bt-Bkyz-BCyz). The solonetzic-eluvial horizon SEL may be a topsoil or underlain by the light-humus horizon AJ. It is light gray or whitish in color (10YR 7/1 … 8/2) at the surface being more dark when it is wet (10YR 4/1 … 5/2). Its structure is fine-layered or platy. In the major cases this horizon corresponds to Albic material in WRB. It is followed by the solonetz horizon BSN that corresponds to Natric hotizon in WRB. The BCAmc,s,cs horizon is rich in pseudomicelia and soft nodules of calcium carbonates, soluble salts and gypsum druses, it combines feathers for identification of Gypsic, Salic horizons and protocalcic properties together. Its upper boundary is at a depth of 25-40 cm, the maximum content of salts and gypsum is confined to the depth from 50-100 to 200-250 cm. Salt content decreases with depth although EC_{se} remains at a level of 8 dS/m. A gypsum-bearing subtype is recognized by the gypsum content. According to the thickness of eluvial part of the profile (SEL or AL+SEL) Solonetzes in RSCS are divided into crusty (<5 cm), shallow (5-10 cm), medium (10-20 cm) and deep (>20 cm) species. In the research area all the above species occur. Crusty and shallow Solonetzes are predominant. They are solonchakous, because their upper boundary of the first saline horizon (the toxic salt content in water 1:5 extract is above 0.1% and/or EC_{se}>4 dS/m) is at a depth upper than 30 cm. The soluble salts are predominantly represented by sodium chlorides and sulfates. At the territory under study Solonetzes occur in convex microrelief elements covered by plant associations containing *Artemisia* sp. and *Kochia* sp., although due to changes in microrelief they may also occur on microslopes and even in newly formed microdepressions.

Soil cover pattern of the studied territory confines small area of soils with calcium carbonates in the surface horizons and effervescence from the surface due to different reasons. One of them is animal borrowing activity by ground squirrels (*Spermophilus pygmaeus*), field voles, ants. These animals make holes in the soil and borrow carbonate materials from lower soil horizons to the surface creating microhillock (so called butan). As a result every main soil described above can be covered by carbonate material with the thickness from 1-3 to 20-30 cm. In RSCS such soils are identified as stratificated subtypes and in WRB – as Novic qualifier.

There is another group of soils with effervescence from the surface – the light-chestnut solonetzic and non-solonetzic carbonate soils and carbonate solonetz which reveal no features of the soil material filled up at the surface by living organisms. In RSCS these soils are identified as species “carbonate”. In WRB this feature has no taxonomic value. Such soils haven’t been

described earlier at the territory of Dzhanybek experimental station. Obviously, they may be considered as developed in the last decades. These soils occupy flat microelevations around hillocks formed by ground squirrels or not far from them.

The carbonate profile of soils is almost similar to that occurred in light-chestnut (non-solonetzic), light-chestnut solonetzic and crusty solonetzs. The main difference is that they are highly effervescent at the surface.

The vertical distribution of carbonate effervescence is rather specific in dependence on carbonate accumulation in upper soil horizons. In clearly expressed variants the entire soil profile displays the strongest effervescence. Accumulation of carbonates in the upper horizon becomes a reason for heave of the surface and formation of a small hillock (2 to 5 cm) dissected by a polygonal network of shallow fissures (3-5 cm) with edges turned outside. These broken edges of fissures are light (pale) in color (10YR 7/2 or 8/2), highly effervescent and compacted at the expense of $CaCO_3$ accumulation in visible soil pores. With the depth of 2-4 cm the soil profile remains the form inherent to soils without carbonates, but differs by color of the topsoil that becomes more light due to carbonate accumulation.

In some carbonate soils the process of calcium carbonate accumulation in the upper horizons is found to be at an intermediate stage. Maximum effervescence is observed at the soil surface, being weakened with depth (10-20 cm) and completely disappeared to show the features of initial non-carbonate horizons. Downwards the profile the carbonates occur again at a depth characteristic of every soil. The carbonates are accumulated due to capillary rise of soil solutions to the surface and evaporation.

Two factors can be responsible for the development of carbonate light-chestnut soils and carbonate solonetzs: (1) the rise of groundwater level by 1.5-2 m, i.e. from 6-7 m in the 1950s to 4.5-5 m since the 1980s to the present time (Sokolova et al., 2001) and (2) some changes in the climate for the last 25 years – winters became more warm resulting in snowmelt several times during this season, and the soils are enriched with the thawing water, thus declining the surface runoff into microdepressions.

As a hypothesis it is possible to suggest the mechanism of carbonate accumulation in the topsoil. As it was written above, the carbonate-enriched soils occupy convex positions of microrelief near or not far from (1-2 m) microhillocks formed by ground squirrels. Such microhillocks contain the carbonate material from the lower horizons burrowed by animals. In warm winters the thawing water infiltrates into the soil including these microhillocks, where the soil solutions are enriched with calcium carbonate. Due to a higher water permeability of the light-humus horizon AJ and solonetzic-eluvial horizon SEL as compared to underlying BMK or BSN horizons a part of soil solutions moves in the lateral direction within surface horizons into adjacent areas to be further evaporated from the surface. As a result of such a repeated process the calcium carbonates are bit by bit accumulated at the soil surface and upper soil horizons.

The obtained results serve as evidence that the studied soils in solonetz complex are highly dependent on the microrelief type (fig. 7-9).

At the radial-domelike type of microrelief the light-chestnut (non-solonetzic and solonetzic) soils and those covered by burrowed layer are dominant in the soil cover pattern, the most contrasting components (meadow-chestnut soils and solonetzes) are found to be at a subordinated level (table 5, fig. 7). Complexity Index calculated as number of elemental soil area per 1 ha is 900 due to a lot of small soil areas.

At the watershed type of microrelief the solonetz complex is most contrasting due to the largest vertical amplitude of elevation (50-80 cm) within small distances (5-25 m) and approximately the same share of the main soil components (table 5, fig. 8). Complexity Index is also very high (832) because elemental soil areas are from 2-3 to 120-400 m^2, median 10-20 m^2.

Table 5. Distribution of soils in the key sites with different microrelief type.
Таблица 5. Распределение почв на ключевых участках с микрорельефом разного типа.

Soil	A share of soils (%) in different microrelief type		
	radial-domelike	watershed	flat
Meadow-chestnut (Haplic Kastanozem)	12.4	15.7	36.7
Light-chestnut (Eutric Cambisol (Protocalcic)	38.0	26.8	41.9
Chestnut solonetzic (Haplic Luvisol (Cutanic, Sodic)	25.3	22.8	8.1
Solonetz (Gypsic Endosalic Solonetz (Loamic))	4.7	12.8	5.4
Carbonate soil that is not covered by burrowed material	4.6	9	0
Soil covered by burrowed layer (supplementary qualifier Novic)	15.0	12.9	7.6

Light-chestnut (non-solonetzic) and meadow-chestnut soils are predominant in the soil cover pattern at the flat type of microrelief (table 5, fig. 9). The largest areas of these soils are up to 2300-2900 m^2 although there are areas with usual dimensions (from 2-3 to 20-30 m^2). The share of chestnut solonetzic soils and solonetzes is the smallest in comparison with the other microrelief types. Complexity Index is the smallest (264) too.

At a qualitative level the mentioned tendency is testified by the knowledge acquired in the present time, although it has not been formulated for the territory of the Dzhanybek experimental station.

In earlier publications relating to soils of Dzhanybek experimental station the distribution of such soils has been indicated in the following order: 50% of solonetz soils, 25% of light-chestnut soils (non-solonetzic and solonetzic ones) and 25% of meadow-chestnut soils. The soils have been identified according to distribution of plant communities including *Artemisia* sp. and *Kochia* sp. (50%), *Pyrethrum* sp. and *Carex caespitosa* (25%) and herb vegetation (25%; Kamenskaya, 1952). So far as it was believed that vegetation reflected soils and the boundaries of soil areas have been identified according to vegetation, these data were used to show the soil distribution in the solonetz complex (Rode, Polsky, 1961).

Evaluation of soil distribution at three types of microrelief identified by Mozeson has not been made. For the first approximation it can be made now using the map of vegetation compiled by I.V. Kamenetskaya in 1952. The boundaries of key sites that have been mapped in 2003-2004 were overlaid to this map and areas of plant associations and related (by legend of this map) soils were calculated. The results are presented in table 6.

When comparing the data given in tables 5 and 6, it seems reasonable to conclude that the soil indication as based upon vegetation is exceeding the estimate of solonetz distribution, whereas the estimation of light-chestnut soils proves to be declined.

It is worth emphasizing that it is not correct to compare the data about the development of the given solonetz complex taken place during 50 years. First, the estimation has been conducted in different time by using different methods.

By this reason the results cannot be comparable to a definite extent. Secondly, the vegetation state is affected not only by soil properties but also the other factors particularly microrelief and human activities (overgrazing and the regime of nature reserve). The data in table 6 is shown only to demonstrate that the studied key sites located at the territory with different types of microrelief

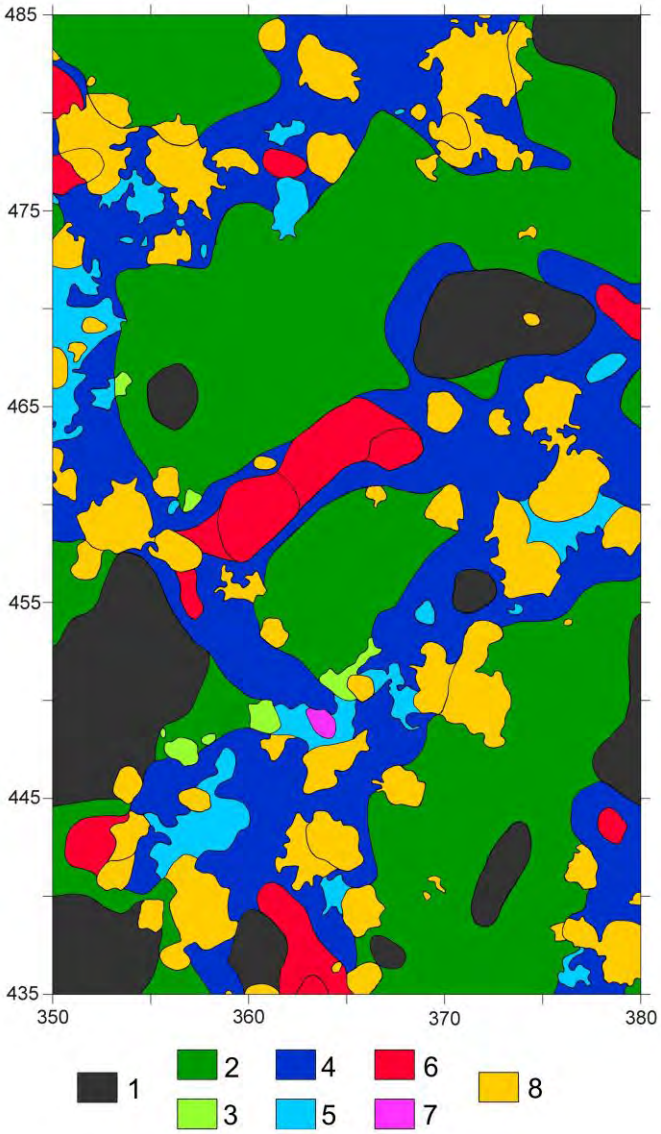


Fig. 7. Soil map of key site at the radial-domelike type of microrelief. *Legend:* 1 – meadow-chestnut soil (Haplic Kastanozem (Loamic) in WRB); 2, 3 – light-chestnut non-solonetzic soils non-carbonate (2) and carbonate (3) from the surface (WRB: Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic)); 4, 5 – light-chestnut solonetzic soils non-carbonate (4) and carbonate (5) from the surface (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, Sodic, Protocalcic, Endoprotosalic)); 6, 7 – solonetzes non-carbonate (6) and carbonate (7) from the surface (WRB: Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)); 8 – different soils covered by burrowed layer (Kastanozems, Cambisols, Luvisols and Solonetz with qualifier Novic). **Рис. 7.** Почвенная карта ключевого участка на радиально-куполовидном типе микрорельефа. *Условные обозначения:* 1 – лугово-каштановые почвы (Haplic Kastanozem (Loamic) в WRB); 2, 3 – светло-каштановые несолонцеватые почвы некарбонатные (2) и карбонатные (3) с поверхности (WRB: Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic)); 4, 5 – светло-каштановые солонцеватые почвы некарбонатные (4) и карбонатные (5) с поверхности (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, Натровые, Protocalcic, Endoprotosalic)); 6, 7 – солонцы некарбонатные (6) и карбонатные (7) с поверхности (WRB: гипсовые Endosalic Солонца (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)); 8 – разные почвы, покрытые слоем выбросов землероев (Kastanozems, Cambisols, Luvisols и Solonetz с квалификатором Novic).

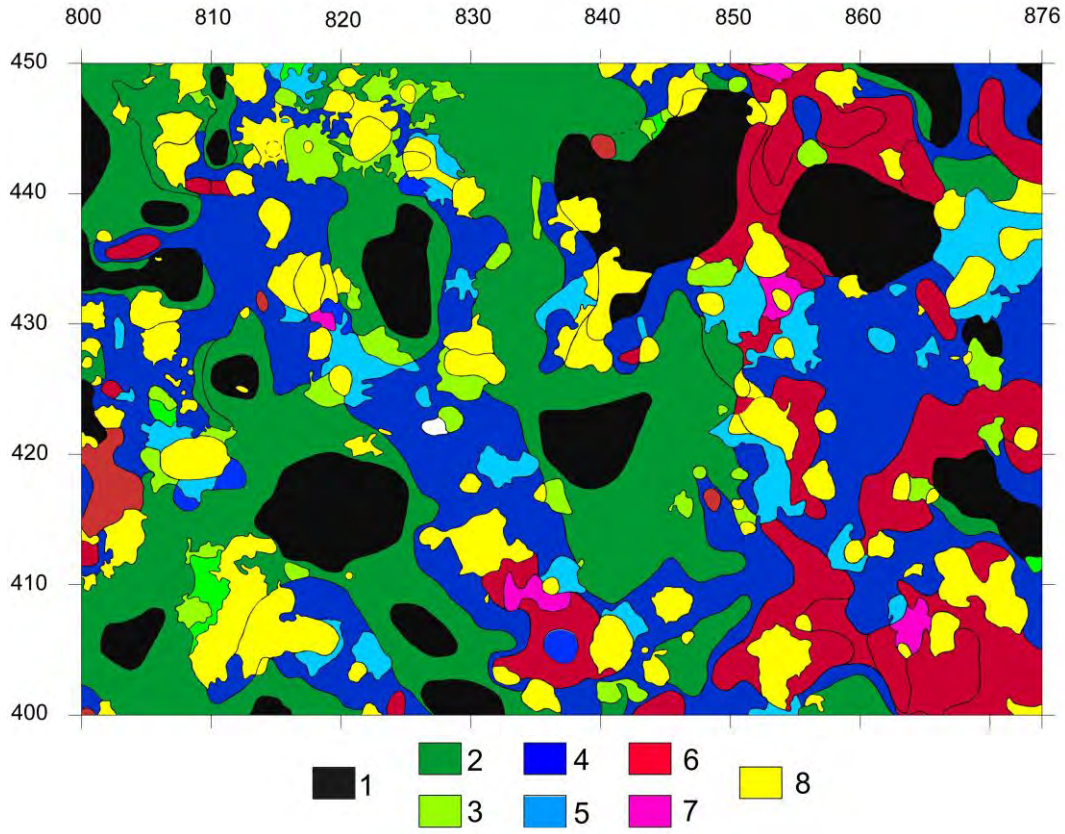


Fig. 8. Soil map of key site at the watershed type of microrelief. *Legend:* 1 – meadow-chestnut soil (Haplic Kastanozem (Loamic) in WRB); 2, 3 – light-chestnut non-solonetzic soils non-carbonate (2) and carbonate (3) from the surface (WRB: Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic)); 4, 5 – light-chestnut solonetzic soils non-carbonate (4) and carbonate (5) from the surface (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, Sodic, Protocalcic, Endoprotosalic)); 6, 7 – solonetzes non-carbonate (6) and carbonate (7) from the surface (WRB: Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)); 8 – different soils covered by burrowed layer (Kastanozems, Cambisols, Luvisols and Solonetz with qualifier Novic). **Рис. 8.** Почвенная карта ключевого участка на водораздельном типе микрорельефа. *Условные обозначения:* 1 – лугово-каштановые почвы (Haplic Kastanozem (Loamic) в WRB); 2, 3 – светло-каштановые несолонцеватые почвы некарбонатные (2) и карбонатные (3) с поверхности (WRB: Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic)); 4, 5 – светло-каштановые солонцеватые почвы некарбонатные (4) и карбонатные (5) с поверхности (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, натриевые, Protocalcic, Endoprotosalic)); 6, 7 – солонцы некарбонатные (6) и карбонатные (7) с поверхности (WRB: гипсовые Endosalic Солонца (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)); 8 – разные почвы, покрытые слоем выбросов землероев (Kastanozems, Cambisols, Luvisols и Solonetz с квалификатором Novic).

had differences even 50 years ago, it being known that these differences between the sites were approximately the same as in the present time.

Pedodiversity was estimated according to the total amount of soil taxa and Shannon's indices (SHDI and SHEI) using in RSCS and WRB. Both classification systems revealed common trends towards changing these indices (table 7). The differences consist only in their numerical values. The richness of soil taxa and SHDI recognized in WRB prove to be always lower but SHEI values are frequently higher as compared to those based on RSCS.

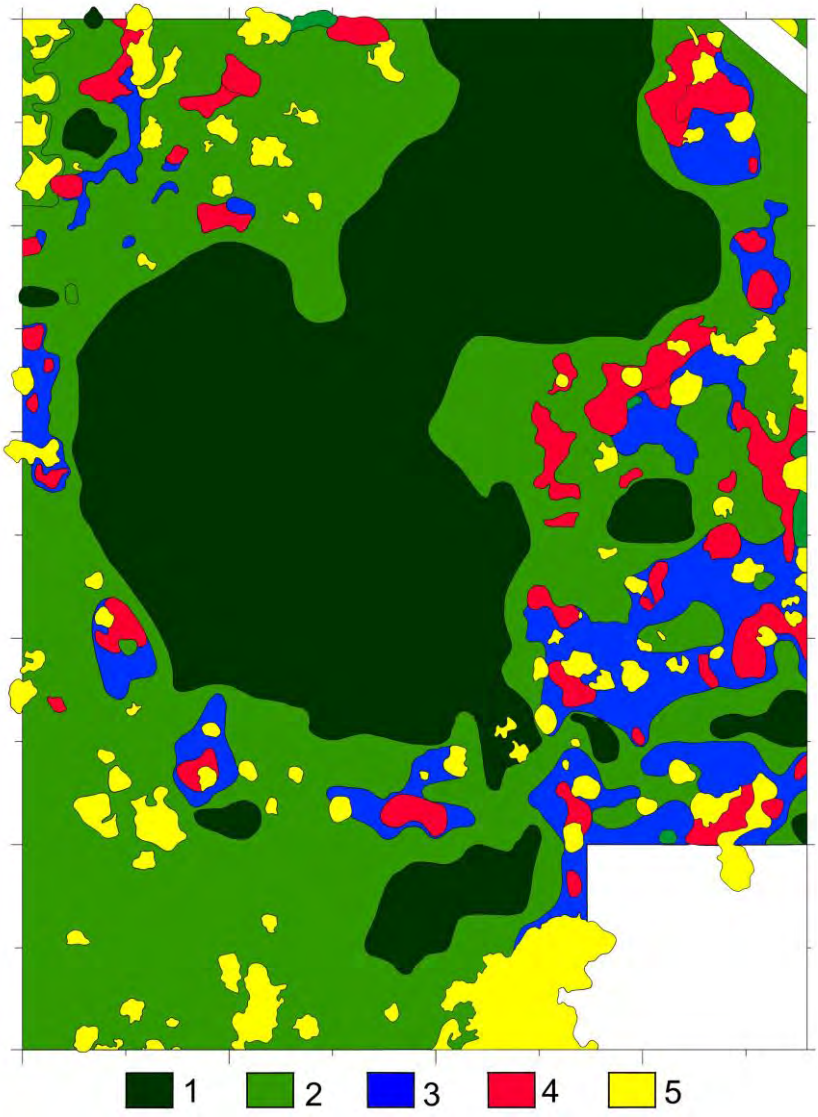


Fig. 9. Soil map of key site at the flat type of microrelief. *Legend:* 1 – meadow-chestnut soil (Haplic Kastanozem (Loamic) in WRB); 2, 3 – light-chestnut non-solonetzic soils non-carbonate (2) and carbonate (3) from the surface (WRB: Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic)); 4, 5 – light-chestnut solonetzic soils non-carbonate (4) and carbonate (5) from the surface (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, Sodic, Protocalcic, Endoprotosalic)); 6, 7 – solonetzes non-carbonate (6) and carbonate (7) from the surface (WRB: Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)); 8 – different soils covered by burrowed layer (Kastanozems, Cambisols, Luvisols and Solonetz with qualifier Novic). **Рис. 9.** Почвенная карта ключевого участка на плоском типе микрорельефа. *Условные обозначения:* 1 – лугово-каштановые почвы (Haplic Kastanozem (Loamic) в WRB); 2, 3 – светло-каштановые несолонцеватые почвы некарбонатные (2) и карбонатные (3) с поверхности (WRB: Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic)); 4, 5 – светло-каштановые солонцеватые почвы некарбонатные (4) и карбонатные (5) с поверхности (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, натриевые, Protocalcic, Endoprotosalic)); 6, 7 – солонцы некарбонатные (6) и карбонатные (7) с поверхности (WRB: гипсовые Endosalic солонцы (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)); 8 – разные почвы, покрытые выбросами землероев (Kastanozems, Cambisols, Luvisols и Solonetz с квалификатором Novic).

Table 6. The areas of plant communities and soils in key sites with different microrelief types at the vegetation map compiled in 1952 (Kamenetskaya, 1952). It was believed according to the map legend, that soils are close related with plant associations being the major object for mapping.
Таблица 6. Доля площади растительных сообществ и почв на ключевых участках с различными типами микрорельефа на карте растительности, составленной в 1952 г. (Каменецкая, 1952). Считалось, в соответствии с легендой к карте, что почвы тесно связаны с растительными сообществами, являющимися основным объектом для картографирования.

Plant communities	**Soils**	**A share of areas (%) with different type of microrelief**		
		Radial-domelike	**Watershed**	**Flat**
Herbs	Meadow-chestnut	19.6	9.9	40.7
Pyrethrum sp. and *Carex caespitosa*	Light-chestnut	24.9	19.9	19.5
Artemisia sp. and *Kochia prostrata*	Solonetz	55.5	70.2	39.8

Table 7. Pedodiversity estimation of the solonetz complex in different microrelief types.
Таблица 7. Оценка почвенного разнообразия солонцовых комплексов на участках с разным типом микрорельефа.

Classification system	**Index**	**Measuring unit**	**Values of pedodiversity indices for different types of microrelief**		
			Radial-domelike	**Watershed**	**Flat**
RSCS	Richness of soil types	piece	4	5	5
	Richness of soil subtypes	« – »	8	13	11
	Richness of soil species	« – »	12	19	13
	SHDI	dimensionless	1.739	2.164	1.438
	SHEI	« – » “	0.700	0.735	0.561
WRB	Richness of Reference Soil Groups (RSG)	piece	4	4	4
	Richness of RSG+ principal qualifiers	« – »	5	5	5
	Richness of RSG+ all qualifiers	« – »	8	12	9
	SHDI	dimensionless	1.557	1.809	1.390
	SHEI	« – »	0.749	0.728	0.633

This is explained by the fact that in WRB there are no soil species, which are distinguished in RSCS according to accumulation of secondary carbonates in the upper horizons without traces of soil materials scattered on the surface. A share of such carbonate soils in radial-domelike and watershed microrelief types accounts for 4.5% and 9% respectively, thus affecting the values of pedodiversity indices.

The highest values of all the indices are inherent to the solonetz complex in watershed type of relief (table 7). The other two microrelief types have unequal and very close values of pedodiversity indices. Such tendency is not accidental.

Obviously, the solonetz complex in watershed microrelief type may be considered as an active stage of its development, characterized by more or less equal share holding of the main soils, the clearly expressed contrast of changes in the soil properties and large amplitude of changes in the surface elevation at small distances.

The radial-domelike microrelief type shows a slightly expressed differentiation of microrelief and soil cover pattern probably conditioned by the entire convex surface. As a result, in winter the snow is blown away and the water input to soils becomes very low, providing favorable conditions for ground squirrels and a higher share of scattered soils. On the contrary, the flat type of microrelief is distributed at a concave surface, where the soils are supplied with water in spring. As a result, in the composition of the soil cover pattern a share of non-saline meadow-chestnut (Haplic Kastanozems) and light-chestnut (Eutric Cambisols (Protocalcic)) soils increases. A share of Endosalic Solonetz and chestnut solonetzic soils (Haplic Luvisols (Sodic, Protocalcic, Endoprotosalic)) decreases against the background of diversity of solonetzic soils.

Interaction Between Microrelief, Soils and Vegetation

In 1950s it was suggested that soils, forms of microrelief and vegetation are close related between each other (Mozeson, 1952; Kamenetskaya, 1952; Rode, Polsky, 1961). In 2003-2005 detail mapping of microrelief, soils and vegetation was carried out independently of one another at the same key plots. As a result it was found that every soil in the soil cover pattern can potentially occupy each microrelief position (table 8) and can be under different vegetation (table 9) with different probability. The traditional view-point on the relationship between soils and microrelief corresponds to probability 0.8-0.9 for meadow-chestnut soils (Haplic Kastanozems), 0.3-0.5 for light-chestnut soils (Eutric Cambisol (Protocalcic)), 0.1-0.4 for chestnut solonetzic soils (Haplic Luvisol (Sodic, Protocalcic)) and 0.1-0.2 for Solonetz.

The meadow-chestnut soils frequently occupy microdepressions covered by *Medicago romanica, Festuca sulcata, Stipa capillata, Leymus ramsus* plant formations. Although they may be found on microslopes at the higher positions than light-chestnut soils within a microcatena, as well as in microelevations under *Kochia prostrata* and those enriched with gopher burrows.

Light-chestnut non-solonetzic soils may be found in all the positions including shallow and middle microdepressions covered by herbaceous plant communities, on microslopes and microelevations under different vegetation. Light-chestnut solonetzic soils and solonetzes occupy microslopes and elevations though they may be met in microdepressions, the major part of which has being developed during the last 50 years.

One of the reasons of weak relationship between soils, microrelief and vegetation in 2003-2005 is changes in microrelief taken place for the last 50 years. Half of the variants, not corresponding to the traditional view-point, are areas with sagging and elevating the positions of microrelief.

However, there are a number of cases included inversions in relationship soil-microrelief or soil-vegetation in relative stable positions for the last 50 years. For example, some parts of areas are occupied by meadow-chestnut soils in microelevations; light-chestnut soils – in microdepressions or in microelevations. Consequently, the territory under consideration has been subject to changes in microrelief not only for the last 50 years but also in the other periods taken place before.

Table 8. Soil distribution in the solonetz complex as confined to different microrelief elements.
Таблица 8. Приуроченность почв солонцового комплекса к различным элементам микрорельефа.

Soil	Probable distribution of different soils within a microrelief element			
	Microdepressions, depth>20 cm	**Microdepressions, depth=3-20 cm**	**Microslope**	**Microelevation**
Meadow-chestnut	**0.8-0.9**	0.1-0.3	~0.1	~0.02
Light-chestnut	0.1-0.15	**0.6-0.8**	**0.3-0.5**	**0.2-0.4**
Chestnut solonetzic	<0.01	0.01-0.12	**0.1-0.4**	**0.1-0.6**
Solonetz	<0.01	0.01-0.04	**0.05-0.2**	**0.05-0.1**
Carbonate soil, not covered with burrowed material	0	0	**0.1-0.2**	**0.1-0.15**
Soil, covered with burrowed layer	<0.001	~0.01	**0.1-0.2**	**0.4-0.5**

Table 9. Soil distribution in the solonetz complex under different vegetation formations.
Таблица 9. Приуроченность почв солонцового комплекса к участкам, занятым различными видами растений.

Soil	Probable distribution of different soils within a different plant species					
	Bare areas	**Areas covered with *Kochia prostrata***	**Areas covered with *Pyrethrum achilleifolium* or *Leymus ramosus***	**Areas covered with *Festuca valesiaca***	**Areas covered with *Festuca sulcata, Stipa capillata, Leymus ramosus***	**Areas covered with *Medicago romanica***
Meadow-chestnut	0.05-0.1	<0.05	0.05-0.15	**0.4-0.5**	**0.5-0.65**	**0.8-0.9**
Light-chestnut	**0.4-0.5**	**0.3-0.4**	**0.4-0.5**	**0.4-0.5**	**0.2-0.3**	0.05-0.08
Chestnut solonetzic	**0.1-0.2**	**0.1-0.2**	**0.1-0.2**	**0.05-0.08**	<0.04	<0.01
Solonetz	**0.1-0.2**	0.05-0.1	0.05-0.1	<0.03	<0.02	<0.02
Carbonate soil that is not covered by burrowed material	0.02-0.05	0.05-0.1	0.03-0.05	<0.02	<0.02	<0.002
Soil covered by burrowed layer	**0.1-0.2**	**0.2-0.3**	**0.1-0.2**	<0.04	<0.05	<0.04

The most appreciable change in the environment is the rise of the groundwater table from 6-7 m to 4.5-5 m. According to data summarized by L.G. Dinesman (1960) identical groundwater fluctuations were typical for the territory in the North-Western Caspian Lowland during the last two centuries and probably in Holocene due to a centuries-old fluctuation of the Caspian Sea level. By this reason, one should assume that the territory of virgin solonetz complex located in Northern Caspian region has being subject to periodical fluctuation. As a result, every soil included into this solonetz complex can periodically change its location in microrelief. New conditions for the further stage provoke evolutional development of the soil. Today it is difficult to assume how frequently occurs the elevation or sagging of a definite position in microrelief, in what time interval is it possible and what is the share of this position. Our research permits to conclude that these processes embraced one fourth of the studied territory, the other part of solonetz complex remains unchanged. It means that this virgin solonetz complex displays no quasi-stationary regime of its functioning. It is characterized by inner development processes, which are needed to be additionally studied.

Change of Ecological Conditions and Characteristics of Vegetation of Solonetz Complex under the Influence of Grazing Pressure of Different Intensity

Grazing pressure is the main type of anthropogenous impact on vegetation of Caspian Lowland. Research of B.D. Abaturov (1991, 2001) carried out at the Dzhanybek experimental station is devoted to the problem of vegetation change under grazing pressure as well as other aspects. His long-term research allowed to make a conclusion that the moderate pasture is favorable for maintenance of species wealth and plant productivity of the solonetz complex both on microelevations with solonetz soils and in microdepressions with light-chestnut and dark-colored soils. Vegetation degradation under overgrazing on these elements of relief passes through various stages of succession but finally comes to the stage of similar annual plant coenosis that was earlier described by B.A. Keller (1923). Considering the results received by previous authors the objective of this research became studying of composition and structure of vegetation cover of the solonetz complex in the conditions of different grazing pressure intensity with use of the methods allowing to conduct long-term research in a mode of monitoring and to connect these changes with different intensity of grazing and with climatic parameters, at the same time on a reserved site – with processes of self-development of landscapes.

A transect method was used towards increasing of the grazing pressure – from the area of nature reserve to that subjected to heavy grazing near the daily pathway for 40 head of cattle and 20 sheep. Transects are efficiently used to study pastures, what has been estimated by many researchers (Morozova, 1985; Yunusbaev et al., 2003; Landsberg et al., 1999; Brock, Owensby, 2000; Ward et al., 2000). The studied transect of 2 km in length stretched from south-southwest to north-northeast: from the area of nature reserve located in the southwest from dendropark to Dzhanybek settlement (fig. 10).

The levelling survey along this transect helped to obtain data about vegetation (total projective covering, the species composition, the plant height and number of plant species) and soils (type, depth of the A+B horizon and carbonate effervescence) in every microrelief element (elevation, depression, slope). The characteristic features of vegetation and soils were taken from publications on grazing-induced changes in the main ecosystem components (Keller, 1923; Kamenetskaya et al., 1955; Gordeeva, Larin, 1965; Abaturov, 1991, 2001). When analyzing the changes in characteristics of vegetation and soils along transect, it seemed possible to determine how is changed a definite parameter of the plant community depending on some distance from transect initial point. As it began in the area of nature reserve being finished in that subjected to overgrazing, the degree of grazing pressure was indirectly estimated taking into consideration only the distance. For purposes of our studies it was very important to define available trends and correlation degree

(r) between the parameters characteristic of plant communities, soils and the grazing pressure (its statistically valuable value).

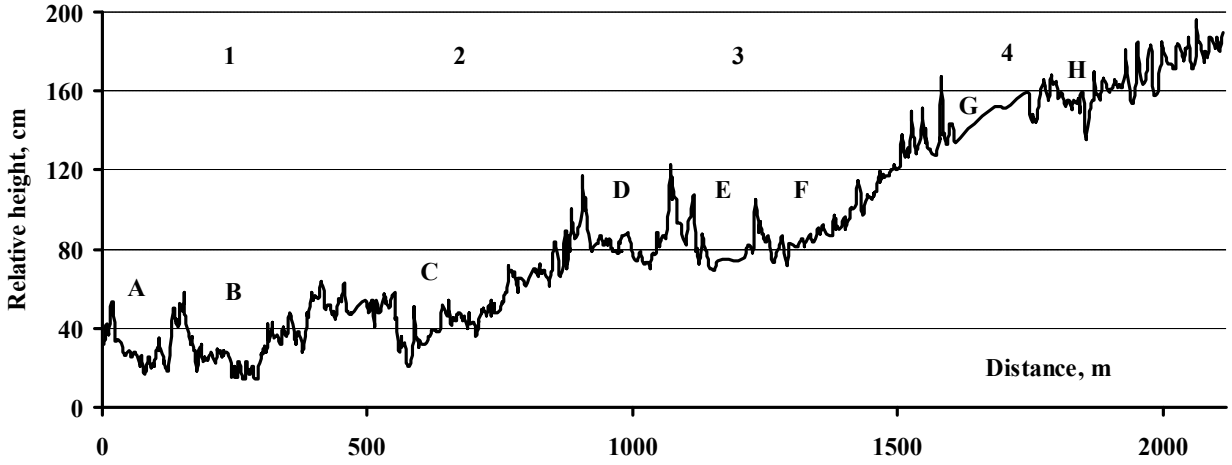


Fig. 10. Relief of a research area along transect in direction from preserved site to heavily transformed territories. *Legend:* 1-4 sites which are settling down on a gradient of increase of pasture pressure; A-H – mesodepressions. **Рис. 10.** Рельеф исследуемого участка вдоль трансекты в направлении от заповедного участка к сильно трансформированным территориям. *Условные обозначения:* 1-4-участки, располагающиеся по градиенту увеличения пастбищной нагрузки; A-X – понижения мезорельефа.

Based upon the level surveying results a topographic profile was drawn up to reflect the relief changes leaving out of account the absolute altitude (fig. 10). According to the existing map at a scale of 1:25000 at the territory under study the absolute altitude is 26 m a.s.l, because there exists a half-horizontal of 26.5 m there and the surface incline is from southwest to northeast (Konyushkova, Kozlov, 2010). By this reason, the initial altitude point was increased to 30. Having characterized the meso- and microrelief, we used only relative values including the final point exceeded initial one, maximum, minimum, average, median values of relative excess in the depth of micro-depressions.

To obtain detailed characteristics of the vegetation, transect was divided into 4 key sites: 1 – without grazing, 3 other sites with different grazing pressure (2 – low, 3 – moderate, 4 – heavy grazing; fig. 11, 12). The field observations were conducted in every key site for several years 3 times a year – in April, June and September, i.e. under different conditions of ecosystem functioning and vegetation development.

Traditional geobotanical descriptions repeated 10 times, test plots (1x1 m^2) for obtaining the data about the terrestrial phytomass by grass cutting near the soil surface (3 times) were applied in micro-elevations, their slopes and in micro-depressions. Thus, each plant community was characterized by 4 indices: microrelief element, total projective covering, number of species and overground phytomass. Every plant species in the test plot was studied using such parameters as projective covering, its abundance according to Drude's scale, height and phenological status. Its vitality was estimated by means of three-dimensional scale. A comprehensive analysis of geobotanical data allowed identifying the similarity degree of the species composition between all the key sites; Jakkar formula in ECOL was applied for these purposes. Plant species and their behavior under grazing pressure, the succession of plant communities affected by grazing in different relief elements and changes in vegetation productivity have been studied as well.

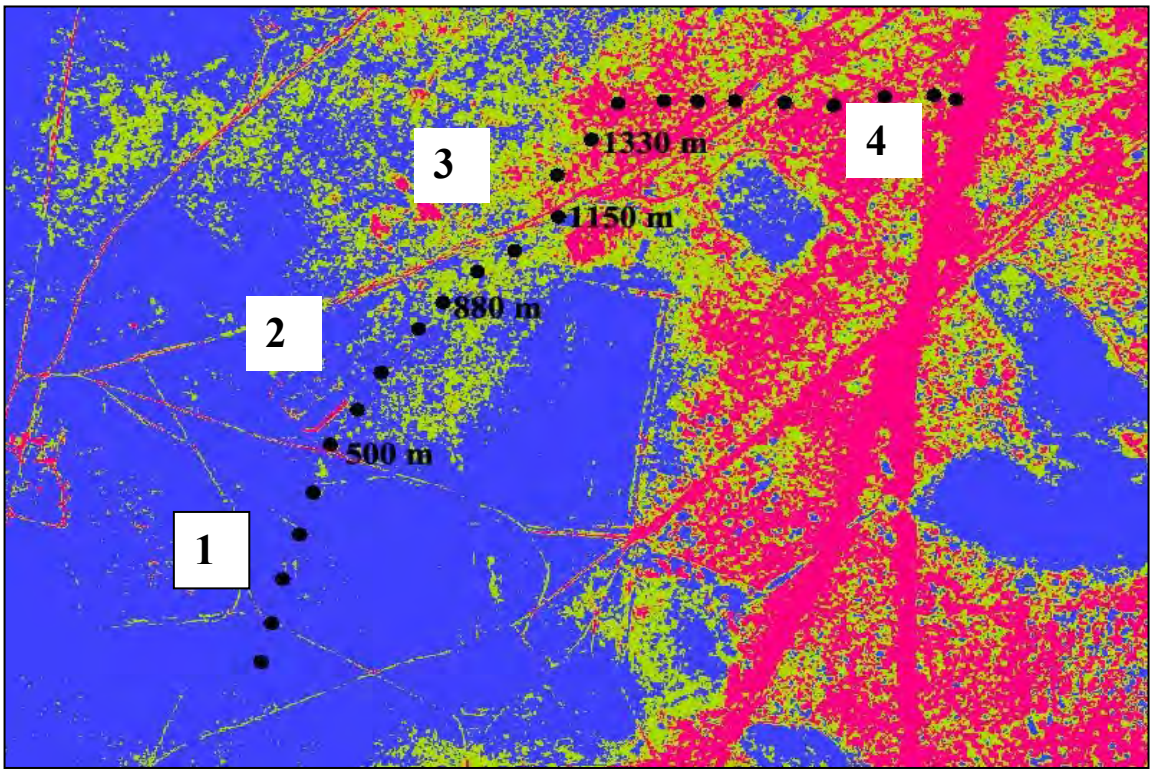


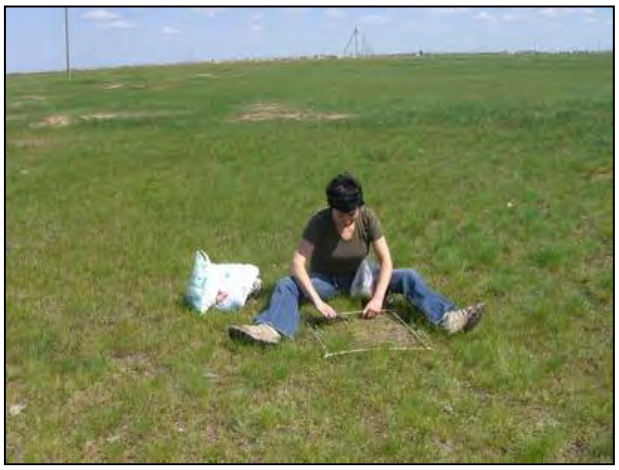
Fig. 11. Location of the key sites and points of observations with distance intervals starting from the reserved area on a synthesized image of satellite data of Landsat 2007, displaying sites with different degree of transformation of vegetation under grazing influence on the studied territory. *Legend:* 1 – reserved area (0-500 m), 2 – slightly disturbed area (500-800 m), 3 – area of moderate disturbance (800-1150 m), 4 – heavy disturbance and overgrazing (1330m and farther).
Рис. 11. Расположение ключевых участков и точек наблюдений, начиная с заповедной зоны на синтезированном изображении спутниковых данных Landsat 2007, отображающих участки с различной степенью трансформации растительности под воздействием выпаса на исследуемой территории. *Условные обозначения:* 1 – заповедная зона (0-500 м), 2 – слегка нарушенная зона (500-800 м), 3 – зона умеренного нарушения (800-1150 м), 4 – сильное нарушение и перевыпас (1330 м и дальше).

Changes in Vegetation According to the Gradient of Grazing Pressure Increase Along the Transect

Total projective covering is a very important feature of plant communities permitting to obtain the information about the phytocoenosis status and conditions for the water regime of its biotope. In key sites located on micro-elevations the plant cover is not completely dense during the vegetation period. The highest values (55-58%) are marked for key sites under low and moderate grazing pressure in the mid-summer as the period of intensive plant growth and development. For key sites under moderate and heavy grazing pressure the low values (17-28%) are observed at the end of the vegetation period. The maximum of projective covering (51%) is on micro-elevations within the area of nature reserve. As regards micro-depressions one should notice that the projective covering is considerably higher during the vegetation period being maximum in the area of nature reserve (83-79%). Low values (44-42%) almost equaled to projective covering on micro-elevations are characteristic of the key site under moderate grazing pressure.

Site № 1 – without grazing

Site № 2 – low grazing



Site № 3 – moderate grazing

Site № 4 – heavy grazing

Fig. 12. Pictures of vegetation at the key sites (1-4) with different grazing levels.
Рис. 12. Фотографии растительности ключевых участков (1-4) с различной степенью выпаса.

Due to increasing of grazing pressure the total projective covering shows slightly expressed decline (fig. 13); it is testified by low statistically valuable correlation between this feature and the distance along transect. Total projective covering reveals changes from 30 to 60% in the major part of the profile and from 10 to 60% in its last section (fig. 13).

Number of plant species within the test plot is very important to estimate the fodder base. Maximum of plant species (12) is observed in June in depressions of nature reserve, their minimum (2 plant species in the same month) – on micro-elevation suffered from heavy grazing. The average value of this index accounts for 7 in depressions and 4 on micro-elevations during the entire period of observations. This feature displays trend to decreasing its values depending on the grazing pressure. The number of plant species in all the test plots reveals decline due to grazing pressure to a greater extent in comparing with the total projective covering (fig. 14), what is confirmed by average correlation coefficient ($r=-0.53$; $\alpha=0.001$). The number of plant species changes from 3 to 18 for the area of nature reserve being fluctuated in the range of 1-6 for key sites affected by heavy grazing.

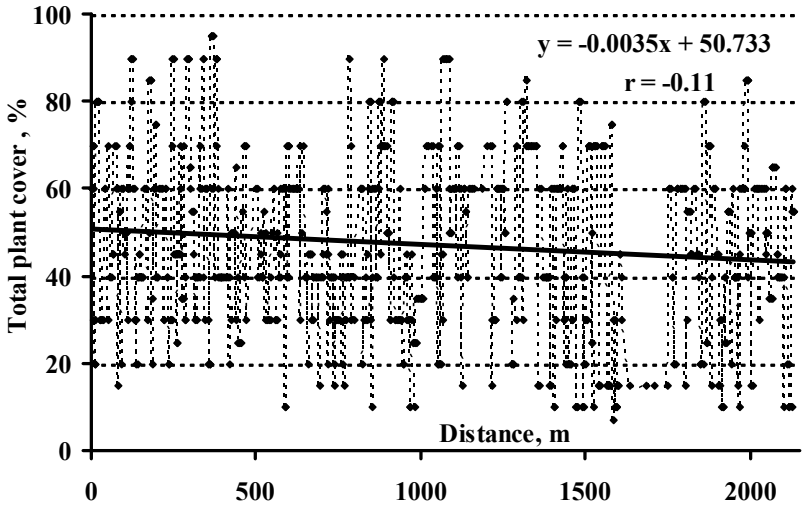


Fig. 13. Changes of total vegetation cover in plant communities along transect, which leads from the key site in the preserved area to the area, suffered from overgrazing. **Рис. 13.** Изменение общего проективного покрытия в сообществах вдоль трансекты от ключевого участка в районе заповедной зоны до участка, пострадавшего от чрезмерного выпаса скота.

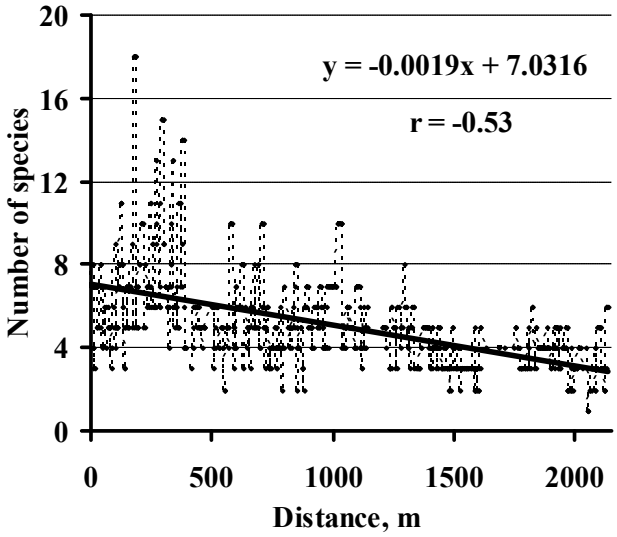


Fig. 14. Correlation between the number of species and the grazing pressure. **Рис. 14.** Корреляция между числом видов и пастбищной нагрузкой.

The plant height along transect becomes lower due to increasing the grazing pressure. The correlation coefficient (r=-0.5; α=0.001) speaks about statistically valuable negative correlation. In the area of nature reserve the plant height is 0.3 m, reaching 0.5 m in some cases. It doesn't exceed 0.1 m in the last profile section.

The quantitative parameters of correlation between the main features of plant communities including total projective covering, number of plant species and the height are statistically reliable (95%), thus showing trends in vegetation changes along the gradient of grazing pressure (table 10). The obtained data serve as an evidence that there is a tendency to decreasing the values of all the parameters due to increasing the grazing pressure.

Table 10. Change of characteristics of plant communities, influenced by increased grazing.
Таблица 10. Изменение характеристик растительных сообществ под влиянием усиления выпаса скота.

Area with different degree of grazing pressure	Characteristics of plant communities			
	Total projective, %	Plants height, cm	Number of plant species on the plot 10x10 m^2	Overground phytomass, g/m^2
Reserved area (1)*	20-60	10-30	4-8	130 (60/200)
Low grazing pressure (2)	30-60	5-30	4-12	70 (50/90)
Moderate grazing pressure (3)	20-60	5-10	3-5	50 (40/60)
Overgrazing (4)	10-60	2-10	2-4	35 (30/40)

Notes to table 10: * – plot numbers correspond to the numbers on the figure 11.
Примечания к таблице 10: * – номера площадок соответствуют номерам на рисунке 11.

To comprehend the changes taken place in the vegetation along transect the composition of plant species was studied in every key site to be compared and assessed in respect of its similarity by using Jakkar coefficient. As is evident from figure 15 the plant species composition proves to be similar in key sites 1 and 2 (without and low grazing respectively) – 55% and in key sites 3 and 4 (moderate and heavy grazing) – about 45%. In other words, the difference in the species composition of plant communities is constantly increasing along transect, being quite different in the area of nature reserve and in the area suffered from overgrazing.

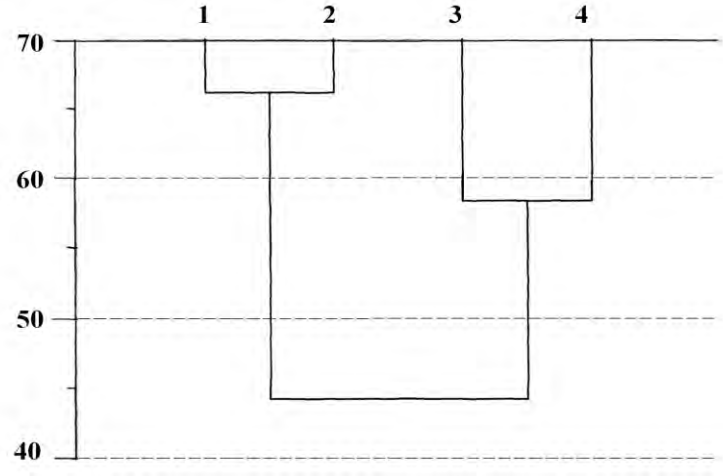


Fig. 15. Similarity between species composition of vegetation on sites with a different degree of pasture pressure. *Notes:* 1– no (preserved), 2 – weak, 3 – moderate, 4 – strong.
Рис. 15. Сходство видового состава растительности на участках с разной степенью пастбищной нагрузки. *Условные обозначения:* 1 – нет (под охраной), 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – сильная.

Plant species depending on grazing pressure. The many years standing of geobotanical observations permitted to distinguish 5 groups of plant species, which are frequently met in key sites with different grazing pressure (table 11). The first group includes 3 species of annual and biennial plants, which are absent in the nature reserve but presented at the territory used for grazing. Such plant species should be related to the category of those preferred grazing.

Table 11. Groups of plant species with different response to grazing pressure.
Таблица 11. Группы видов растений с различной реакцией на пастбищную нагрузку.

№	Group, plant species	Key site			
		1	2	3	4
Plants, prefered grazing					
1	*Bassia sedoides*	–	–	+	+
2	*Petrosimonia triandra*	–	+	+	+
3	*Polygonum patulum*	–	+	+	+
Resistant to heavy grazing					
4	*Artemisia austriaca*	+	+	+	+
5	*Artemisia lerchiana*	+	+	+	+
6	*Artemisia pauciflora*	+	+	+	+
7	*Carex supina*	+	+	+	+
8	*Ceratocarpus arenarius*	+	+	+	+
9	*Climacoptera brachiata*	+	+	+	+
10	*Festuca valesiaca*	+	+	+	+
11	*Kochia prostrata*	+	+	+	+
12	*Leymus ramosus*	+	+	+	+
13	*Limonium sareptanum*	+	+	+	+
14	*Phlomoides tuberosa*	+	+	+	+
15	*Poa bulbosa*	+	+	+	+
16	*Potentilla bifurca*	+	+	+	+
17	*Salsola laricina*	+	+	+	+
18	*Tanacetum achilleifolium*	+	+	+	+
Not resistant to heavy grazing					
19	*Camphorosma monspeliaca*	+	+	+	–
20	*Ferula nuda*	+	+	+	–
21	*Salvia tesquicola*	+	+	+	–
Resistant to low grazing					
22	*Agropyron pectinatum*	+	+	–	–
23	*Astragalus brachylobus*	+	+	–	–
24	*Dianthus borbassii*	+	+	–	–
25	*Galatella villosa*	+	+	–	–
26	*Galium humifisum*	+	+	–	–
27	*Galium ruthenicum*	+	+	–	–
28	*Jurinea multiflora*	+	+	–	–
29	*Koeleria cristata*	+	+	–	–
30	*Phlomoides hybrida*	+	+	–	–
31	*Potentilla recta*	+	+	–	–
32	*Serratula erucifolia*	+	+	–	–
33	*Silene wolgensis*	+	+	–	–
Resistant to low grazing					
34	*Stipa capillata*	+	+	–	–
35	*Stipa lessingiana*	+	+	–	–

Continuation of Table 11. Продолжение таблицы 11.

№	Group, plant species	Key site			
		1	2	3	4
Not resistant to any grazing					
36	*Asparagus officinale*	+	–	–	–
37	*Batrachium trichophyllum*	+	–	–	–
38	*Delphinium puniceum*	+	–	–	–
39	*Gypsophylla paniculata*	+	–	–	–
40	*Lamium amplexicaule*	+	–	–	–
41	*Ornithogalum fisherianum*	+	–	–	–
42	*Spiraea hypericifolia*	+	–	–	–
43	*Tulipa biflora*	+	–	–	–
44	*Veronica spicata*	+	–	–	–

Notes to the Table 11*:* 1-4 – key sites, "+" for present plant species, "–" for absent species).
Примечания к таблице 11: 1-4-ключевые участки, "+" – вид присутствует, "–" – вид отсутствует).

The second group consisting of 15 plant species is present in all the key sites including the area of nature reserve. They are characteristic of biotopes on micro-elevations and represented by *Artemisia vulgaris, Kochia, Leymus ramosus.* They should be considered as indifferent to grazing. However, due to the presence of *Ceratocarpus arenarius* the obtained data are thought to be preliminary, because this plant species appears in pastures highly disturbed by sheep grazing. The third group contains 3 plant species of different ecology including *Camphorosma monspeliaca, Ferula nuda, Salvia tesquicola.* They are absent in the area suffered from heavy grazing and should be regarded as not resistant to overgrazing. The group 4 includes 14 plant species, which are spread in the area of nature reserve and in that used for low grazing but they are absolutely absent in the area under heavy grazing pressure and should be considered as plants resistant to low grazing. In the composition of such plant communities there are *Stipa capillata*, *Koeleria cristata* and the other species confined to biotopes of micro-depressions. The last group 5 consists of 10 plant species, which are distribted only in the area of nature reserve. They reveal no resistance to grazing and take refuge only in preserved areas. Among them are *Tulipa biflora, Ornithogalum fisherianum, Delphinium puniceum, Veronica spicata* included into this group not only due to their response to grazing, being considered as ornamental plants.

The absence of *Spiraea hypericifolia* in key sites used for grazing serves as evidence. According to the available literature data that shrubs disappear under the influence of grazing and this plant species should be included into the category of preserved plants. *Lamium amplexicaule* is a plant species that indicates disturbed communities in depressions. It is not sustainable to grazing. It is interesting that *Medicago romanica* as a very valuable fodder plant disappears under low and moderate grazing pressure being spread both in the area of nature reserve and in that suffered from heavy grazing. B.D. Abaturov (2001) indicated the peculiar feature of this plant species and showed that its productivity in the area of heavy grazing increased almost 5 times as compared to that in nature reserve.

Plant succession under grazing pressure. When comparing the species abundance and productivity of plant communities in nature reserve and in the adjacent area under low grazing, it is worthy to note that the key site with low grazing reveals an increase in these indices. Due to further increasing the grazing pressure along transect the species composition becomes impoverished and

substituted by few-species communities. Mechanism responsible for this process has been described in many publications being testified by B.D. Abaturov (2001) at the territory of Dzhanybek experimental station. The overgrazing leads to adverse changes in the ecological status of biotopes: the soil surface layer gets compacted, its capillarity is increased promoting higher water evaporation, soil becomes drier. Permanent grazing of the overground phytomass serves as a cause of soil depletion and succession of plant communities.

Based upon the description of plant communities for every key site along transect a summary scheme has been compiled to reflect their succession beginning with the area of nature reserve to that suffered from overgrazing (table 12).

Table 12. Change of the plant communities at different elements of the microrelief under impact of different degree of grazing pressure. **Таблица 12.** Смена растительных сообществ на разных элементах микрорельефа под влиянием разной пастбищной нагрузки.

Areas with different grazing regime	**Plant communities on main relief elements**		
	Microelevations	**Microslopes**	**Microdepressions**
Reserved area (1)	*Kochia prostrata-Artemisia pauciflora*	*Tanacetum achilleifolium-Festuca valesiaca, Leymus ramosus*	*Festuca valesiaca-Agropyron desertorum-Mixteherbosa; Stipa sareptana,* etc.
Low grazing (2)	*Kochia prostrata-Camphorosma monspeliacum*	*Tanacetum achilleifolium-Festuca valesiaca*	*Festuca valesiaca-Mixteherbosa*
Moderate grazing (3)	*Kochia prostrata-Creatocarpus areanarius*	*Festuca valesiaca-Ceratocarpus arenarius*	*Fastuca valesiaca; Artemisia austriaca*
Overgrazing (4)	*Petrosimonia triandra-Kochia prostrata; Ceratocarpus arenarius-Kochia prostrata;* areas without vegetation	*Lepidium ruderale-Ceratocarpus arenarius-Festuca valesiaca;* areas without vegetation	*Artemisia austriaca-Carex supina-Ceratocarpus arenarius*

Plant communities composing of dwarf semishrubs *Kochia* and *Camphorosma* are widespread within the area of nature reserve and that used for low grazing. Under conditions of moderate and heavy grazing the plant communities contain annual species of salt-tolerant xerophylous plants characterizing disturbed biotopes (*Climacoptera brachiata*). The plant communities including *Festuca valesiaca* and *Leymus ramosus* are dominated on microslopes in the nature reserve and under low grazing, whereas the areas used for moderate and heavy grazing are rather rich in communities composing of annual xerophylous plants of *Bassia sedoides* and *Ceratocarpus arenarius*. In depressions of the nature reserve the plant communities containing *Spireae hypericifolia* and *Gramineae* are dominant; in key sites under low grazing – *Gramineae* and *S. lessingiana,* under moderate grazing – *Festuca sulcata* and under heavy grazing – *Cyperaceae* and *Ceratocarpus arenarius*.

The key sites with moderate and heavy grazing located on micro-elevation slopes reveal a decline in the biodiversity, i.e. the plant species that must be inherent only to slopes are absent. Hence, the plant cover structure gets simplified as affected by grazing.

Conclusions

The main results obtained to study changes in the solonetz complex at the Northern Caspian Lowland in the second half of the XX century.

1. Changes taken place in virgin solonetz complex for 50 years reveal a combination of all-round tends to evolution of its different components on positions closely located in space. Such tends are rather peculiar in dependence on the microrelief type. The half a century of changes in the solonetz complex are mainly induced by the groundwater rise from 6-7 to 4.5-5 m.

2. General pattern of relative spatial position and configuration of the most contrast microrelief elements (convex and concave) remains almost unchanged, what is evidenced by field observations and overlaying of former and newly obtained cartographic materials.

The surface of the virgin solonetz complex shows some changes in microrelief of watershed and flat types. Stable unchanged positions of microrelief occupy about 50% of the total area, thus forming a tracery net-like frame with mosaic inclusion of some areas, which became lower to 4-20 cm (30-33%) and elevated up to 4-25 cm (14-18%). This is the action of several mechanisms responsible for changing the microrelief, which and functioned simultaneously and/or in consecutive order.

It was possible to observe uneven surface sagging to 10-20 cm in microrelief of radial-domelike type (80-90% of the total area) probably due to rising groundwater table and capillary fringe resulted in moistening of dry salt horizons in the vadose zone.

3. The soil cover of key sites in the area of virgin solonetz complex is represented by meadow-chestnut (Haplic Kastanozem (Loamic) in WRB), light-chestnut non-solonetzic (WRB: Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic, Ochric)), light-chestnut solonetzic soils (WRB: Haplic Luvisol (Loamic, Cutanic, Sodic, Endoprotosalic, Protocalcic)) and crusty or shallow solonetzes (WRB: Gypsic Endosalic Solonetz (Albic, Loamic, Cutanic, Differentic, Magnesic)).

4. As distinct from the widely used opinion about homogeneity parameters of soil distribution in the solonetz complex and homogenous inter-convex watersheds at the studied territory (Rode, Polsky, 1961) the obtained results serve as evidence of its heterogeneity in dependence on the microrelief type. The watershed type of microrelief has the highest pedodiversity due to the highest contrast in elevation within small distances and approximately the same share of the main soil components. The entire convex surface of the radial-domelike microrelief type and a concave surface of the flat type provide the lower pedodiversity indices due to less contrast conditions.

5. It is evident that the surface carbonate light-chestnut (solonetzic and non-solonetzic) soils and crust or shallow solonetzes without features of mixing the soil material by living organisms should be considered as newly formed components of this soil cover pattern. These soils have a convex surface with the fine cracks due to accumulation of calcium carbonate in the initially carbonate-free topsoil.

6. At present, it is feasible to find any soil within the virgin solonetz complex on different spatial positions and under different plant associations with probability of 0.3-0.8.

7. One third of inversions is connected with changes in microrelief taken place for 50 years, while two thirds of inversions are confined to stable unchanged areas, thus testifying their mobility during the former hundred years.

At the territory under study the rate of changes in microrelief seemed higher as that in soil morphology but it is comparable with the changing rate of the salt state in soils.

8. Since the 1950s the solonetz complex at the territory of the Dzhanybek experimental station retains its complexity being represented by such microrelief as elevations occupied by dominant suffruticose plants *Kochia prostrata, Artemisia pauciflora,* depressions covered by different grass plants and slopes – by *Tanacetum achilleifolium, Leymus ramosus* and *Agropyron desertorum.* Under conditions of overgrazing the plant cover structure becomes simplified due to disappearing

the plant communities so specific for slopes.

Changes of vegetation on different elements of relief on a reserved site under the influence of climatic changes revealed a tendency to vegetation mesophytization. It means flattening of contrasts between vegetation of different components of solonetz complex. Strengthen of the role the sod grasses (sheep fescue, hobble, wheat grass) means transformation into steppe.

The plant communities along transect display their succession depending on increasing of the grazing pressure on different microrelief elements. In key sites suffered from heavy grazing the dominated annual plant species such as *Petrosimonia triandra, Ceratocarpus arenarius, Ceratocarpus testiculata* are capable for preventing the soil degradation.

The transect method permitted to obtain data about the quantitative dependence and to show a decrease in the plant height, species abundance and total projective covering along the gradient of grazing pressure. The most favorable status of vegetation is marked in the area used for low grazing.

The plant species distributed only in nature reserve and being absent in the other pastures are referred to the group of those threatened and the nature reserve of Dzhanybek experimental station contributes to their preservation.

9. The virgin solonetz complex in the Northern Caspian Lowland corresponds to a *nonstationary, fluctuant regime of its evolutional development*. The only possible reason is periodical cycles of groundwater fluctuation (duration from a few ten years to 1-1.5 century). Moreover, the solonetz complex retains its invariant according to a set and relative ratio between the main soil and vegetation components as well as its principal configuration. By this reason, a part of territorial positions is occupied by components corresponding to quasi-stationary regime of functioning or close to it. In the other part of territorial positions the same components are found at different stages of their development. In total, we observe a mosaic picture of spatial arrangement of quasi-stationary soil components and those developed in different trends.

REFERENCES

Abaturov B.D. 1982. Herbivorous Mammals in Semi-Desert Ecosystems // Thesis Abstract. Moscow. 39 p. (In Russian: *Абатуров Б.Д.* 1982. Растительноядные млекопитающие в экосистемах полупустыни. 1982 // Автореферат дисс. … докт. биол. наук. М. 39 с.).

Abaturov B.D. 1991. Grazing-induced Changes in Microrelief Elements and Water-Physical Properties of Heavy-Loamy Soils within the Semi-Desert // Pochvovedenie. Vol. 8. P. 6-17. (In Russian: *Абатуров Б.Д.* 1991. Изменение мелких форм рельефа и водно-физических свойств тяжелосуглинистых почв полупустыни под влиянием пастьбы животных // Почвоведение. № 8. С. 6-17).

Abaturov B.D. 2001. Ecological Consequences of Grazing for Desert Ecosystems // Ecological Processes in Arid Biogeocoenoses. Moscow: Nauka. Pp. 57-83. (In Russian: *Абатуров Б.Д.* 2001. Экологические последствия пастьбы копытных млекопитающих для экосистем пустыни // Экологические процессы в аридных биогеоценозах. М.: Наука. С 57-83).

Biogeocoenotic Basis of the Semi-Desert Development in Northern Caspian Lowland. 1974. Moscow: Nauka. 360 p. (In Russian: Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. 1974. М.: Наука. 360 с.).

Bolshakov, A.F., Borovsky, V.M. 1937. Soils and Microrelief of the Caspian Lowland // Solonetz Soils of the Trans-Volga Region // Trans-Volga Region Research and Irrigation Design Proceedings. Is. VII. M.-L.: RA SSSR. P. 134-169. (In Russian: Больша*ков А.Ф., Боровский В.М.* 1937. Почвы и микрорельеф Прикаспийской низменности // Солонцы Заволжья. Материалы изысканий, исследований и проектирования ирригации Заволжья. Вып. VII. М.-Л.: ВАСХНИЛ. С. 134-169).

Brock B.L., Owensby C.E. 2000. Predictive Models for Grazing Distribution: a GIS Approach // Journal of Range Management. Vol. 53. № 1. P. 39-46.

Classification and Diagnostic of Soils of the USSR. 1977. Moscow: Kolos. 223 p. (In Russian: Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М.: Колос. 223 с.).

Dinesman D.G. 1960. Change of the Nature of the Northwest of Caspian Depression. Moscow: Nauka. 159 p. (In Russian: *Динесман Д.Г.* 1960. Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.: АН СССР. 159 с.).

Doskach A.G. 1979. Natural Zoning of the Semi-Desert of the Caspian Region. Moscow: Nauka. 144 p. (In Russian: *Доскач А.Г.* 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 144 с.).

Field Guide for Identification of Soils of Russia. 2008. Moscow: Dokuchaev Soil Science Institute. 182 p. (In Russian: Полевой определитель почв России. 2008. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 182 с.).

Gordeeva T.K., Larin I.V. 1965. Natural Vegetation in the Semi-Desert of Northern Pre-Caspian Region as a Fodder Base for Livestock Breeding. Moscow: Nauka. 160 p. (In Russian: *Гордеева Т.К., Ларин И.В.* 1965. Естественная растительность полупустыни Прикаспия как кормовая база животноводства. М.-Л.: Наука. 160 с.).

Guidelines for Soil Description. 2006. FAO, Rome. 97 p.

IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps // World Soil Resources Reports. № 106. FAO, Rome. 192 p.

Kamenetskaya I.V. 1952. Natural Vegetation on the Territory of Dzhanybek Experimental Station // Proceedings of the Complex Scientific Expedition on the Issues of Field Afforestation. Moscow: AS USSR. Vol. 2. P. 101-151. (In Russian: *Каменецкая И.В.* 1952. Естественная растительность Джаныбекского стационара // Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: АНСССР. Т. 2. Вып. 3. С. 101-151).

Kamenetskaya I.V., Gordeeva T.K., Larin I.V. 1955. Structure and Dynamics of Natural Vegetation on the Territory of Dzhanybek Experimental Station // Proceedings of Agroforestry Institute of the AS USSR. Moscow: AS USSR. Vol. XXV. Pp. 175-211. (In Russian: *Каменецкая И.В., Гордеева Т.К., Ларин И.В.* 1955. Структура и динамика естественной растительности в районе Джаныбекского стационара // Труды Института леса. М.: АНСССР. Т. XXV. С. 175-211).

Keller B.A. 1923. Plant World of Russian Steppes, Semideserts and Deserts: Ecological and Phytosociological Studies. Is. 1. Voronezh. 183 p. (In Russian: *Келлер Б.А.* 1923. Растительный мир русских степей, полупустынь и пустынь: эколого-фитосоциологические исследования. Вып. 1. 183 с.).

Khitrov N.B. 2005. The Correlation between the Soils and Microtopography of Solonetz Complex in the Northern Caspian Lowland // Eurasian Soil Science. Vol. 3. P. 237-249. (In Russian: *Хитров Н.Б.* 2005. Связь почв солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. № 3. С. 271-284).

Khitrov N.B., Omel'chenko N.P. 2006. Microrelief Trends of the Virgin Solonetz Complex in Northen Caspian Lowland Latter Half of the XX century // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geography Series. № 4. P. 47-51. (In Russian: *Хитров Н.Б., Омельченко Н.П.* 2006. Тенденция изменения микрорельефа целинного солонцового комплекса Северного Прикаспия во второй половине XX века // Известия РАН. Серия географическая. № 4. С. 47-51).

Konyushkova M.V., Kozlov D.N. 2010. Computerized Automatic Analysis of Chernozem-Like Soils Distribution in Northern Pre-Caspian Region According to Data of Outer Space Survey (by the Example of Dzhanybek Experimental Station) // Arid Ecosystems. Vol. 6. № 5 (45). P. 45-56.

(In Russian: *Конюшкова М.В., Козлов Д.Н.* 2010. Автоматизированный анализ распространения темноцветных черноземовидных почв в Северном Прикаспии по данным космической съемки (на примере Джаныбекского стационара) // Аридные экосистемы. Т. 6. № 5 (45). С. 45-56).

Landsberg J., Lavarel S., Stol J. 1999. Grazing response groups among understorey plants in arid rangelands // Journal of vegetation sciences. Is. 10. P. 683-696.

Lo Papa G., Palermo V., Dazzi C. 2011. Island-Use Change the Cause of Pedodiversity Reduction? The Case of the Mazzarrone Study Area, Sicily // Geomorphology. Vol.135. Is.3-4. P. 332-334.

Map of the Natural Vegetation of Europe. 2000. Scale 1:2500000. 9 sheets / Eds. U. Bohn, G. Gollub, Ch. Hettwer. Bonn-Bad-Godesberg. Germany.

Map of the Natural Vegetation of Europe. 2000. Scale 1:2500000. Legend / Eds. U. Bohn, G. Gollub, Ch. Hettwer. Bonn-Bad-Godesberg. Germany.

Morozova L.M. 1985. Dynamics of Steppe Vegetation in Southern Ural Region Affected Under Grazing Pressure // Flora in the Ural Mountains and its Human-Induced Changes. Sverdlovsk: UNC AS USSR. P. 89-99. (In Russian: *Морозова Л.М.* 1985. Динамика степной растительности Южного Урала под воздействием выпаса // Растительный мир Урала и его антропогенные изменения. Свердловск: УНЦ АН СССР. С. 89-99).

Mozeson D.L. 1952. First Study Results of a Microrelief of the Complex Steppe of Northwest Part of Caspian Lowland // Bulletin of Complex Scientific Expedition Concerning Field-Protecting Forestation. Moscow: AS USSP. Vol. 2. Is. 3. P. 10-34. (In Russian: *Мозесон Д.Л.* 1952. Первые итоги изучения микрорельефа комплексной степи северо-западной части Прикаспийской низменности // Труды Комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: АН СССР. Т. 2. Вып. 3. С. 10-34).

Mozeson D.L. 1955. The Micro-Relief of the North-Western Part of the Caspian Lowland and its Influence on Surface Runoff // Procumbent of the Forest Institute AN SSSR. Vol. 25. Pp. 55-65. (In Russian: *Мозесон Д.Л.* Микрорельеф северо-западной части Прикаспийской низменности и его влияние на поверхностный сток // Труды Института леса АН СССР. Т. 25. С. 55-65).

Nikolaev V.A. 2003. Landscape Ecotones // Moscow University Bulletin. Series 5. Geography. № 6. P. 3-9. (In Russian: *Николев В.Н.* 2003. Ландшафтные экотоны // Вестник Московского университета. Серия 5. География. № 6. С. 3-9).

Polsky M.N., Rode A.A. 1952. Data to Comprehension of Soil Water Regime of the Complex Steppe of Northwest part of Caspian Lowland. Report 1 // Proceedings of the Complex Scientific Expedition on the Issues of Field Afforestation. Moscow: AS USSR. Vol. 2. Is. 3. P. 34-63. (In Russian: *Польский М.Н., Роде А.А.* 1952. Материалы к познанию водного режима почв комплексной степи северо-западной части Прикаспийской низменности. Сообщение 1 // Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: АНСССР. Т. 2. Вып. 3. С. 34-63).

Rode A.A., Polsky M.N. 1961. Soils of the Dzhanybek Scientific Station, Their Morphological Structure, Mechanical and Chemical Composition and Physical Properties // Proceedings of V.V. Dokuchaev Soil Institute. Vol. 56. P. 3-214. (In Russian: *Роде А.А., Польский М.Н.* 1961. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. Т. 56. С. 3-214).

Safronova I.N. 2002. Use of the Ecologic-Phytocoenotic Classification of Deserts and Steppes for Creation of the «Map of Vegetation of Europe». Scale: 1:2500000 // Arid Ecosystems. Vol. 8. № 16. P. 28-39. (In Russian: *Сафронова И.Н.* Использование эколого-фитоценотической классификации пустынь и степей для создания карты растительности Европы. Масштаб 1:2500000 // Аридные экосистемы. 2002. Т. 8. № 16. С. 28-39).

Saldana A., Ibanez J.J. 2007. Pedodiversity, Spatial Variability of Soil Properties: What is the Relationships? // Ecological Modeling. Vol. 208. P. 342-352.

Sizemskaya M.L., Sapanov M.K. 2010. The Recent Status of Ecosystems and Strategy of Adaptive Environment Conservation in the Semi-Desert of Northern Pre-Caspian Region // Arid Ecosystems. Vol. 16. № 5 (45). P. 15-24. (In Russian: *Сиземская М.Л., Сапанов М.К.* 2010. Современное состояние экосистем и стратегия сохранения адаптивной среды в полупустыне Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5 (45). С. 15-24).

Soil Cover and Land Resources of Russian Federation. 2001. Moscow. Dokuchaev Soil Science Institute. 400 p. (In Russian: Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации. 2001. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 400 с.).

Sokolova T.A., Sizemskaya M.L., Tolpeshta I.I., Sapanov M.K., Subbotina I.V. 2001. Dynamics of Salt Condition of Semi-Desert Virgin Soils of the Northern Caspian Lowland in Connection with Long-Term Fluctuations of Ground Waters Level (in Terms of Soils of the Dzhanybek Scientific Station of the Agroforestry Institute of Russian Academy of Sciences) // The XIX Readings in Commemoration of Academician V.N. Sukachyov «Ecological Processes in Arid Biogeocenoses». Moscow: Nauka. P. 113-132. (In Russian: *Соколова Т.А., Сиземская М.Л., Толпешта И.И., Сапанов М.К., Субботина И.В.* 2001. Динамика солевого состояния целинных почв полупустыни Северного Прикаспия в связи с многолетними колебаниями уровня грунтовых вод (на примере почв Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН) // XIX Чтения памяти академика В.Н. Сукачева «Экологические процессы в аридных биогеоценозах». М.: Наука. С. 113-132).

Sotneva N.I. 2004. Dynamics of Climatic Conditions of the Latter Half of the XX Century of the Dzhanybek Scientific Station Region (North of the Caspian Lowland) // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series. P. 74-83. (In Russian: *Сотнева Н.И.* 2004. Динаминка климатических условий второй половины XX века района Джаныбекского стационара Северного Прикаспия // Серия Географическая. №5. С. 74-83).

Sukhorukov A.P. 2005. Summary of Species of the Vascular Plants of the Dzhanybek Botanic Station and its Vicinity. Moscow: MAKS Press. 34 p. (In Russian: *Сухоруков А.П.* 2005. Сводка видов сосудистых растений Ботанической станции Джаныбек и ее окрестности. М.: МАКС Пресс. 34 с.).

Tcherepanov S.K. 1995. Vascular Plants in Russia and Adjacent Countries. Saint-Petersburg. 992 p. (In Russian: *Черепанов С.К.* 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. С.-Пб.: Мир и семья-95. 992 с.).

Vysotsky G.N. 1915. Yergeny Upland. Culture-Philological Essay // Proceedings of the Bureau of Applied Botanic. Vol. 8. Is. 10-11. P. 1113-1443. (In Russian: *Высоцкий Г.Н.* 1915. Возвышенность Ергени. Культурно-филологическое эссе // Труды бюро по прикладной ботанике. Т. 8. Вып. 10-11. С. 1113-1443).

Ward D., Ngairorue B.T., Karamata J., Kapofi I., Samuels R., Ofran Y. 2000. Effects of Communal Pastoralism on Vegetation and Soil in a Semi-Desert and in an Arid Region of Namibia // Proceedings IAVS Symposium. P. 344-347.

Yunusbaev U.B., Musina L.B., Suyundukov Ya.T. 2003. Dynamics of steppe vegetation under grazing pressure // Ecology. № 1. P. 46-50. (In Russian: *Юнусбаев У.Б., Мусина Л.Б., Суюндуков Я.Т.* 2003. Динамика степной растительности под влиянием выпаса разных сельскохозяйственных животных // Экология. № 1. С. 46-50).

Zones and Altitudinal Zonality of Vegetation of Russia and Contiguous Territories. Explication and Legend to the Map. 1999. Scale: 1:8000000 / Ed. G.N. Ogureeva. Moscow. 64 p. (In Russian: Зоны и высотная поясность растительности России и сопредельных территорий. Пояснительная записка и легенда к карте. 1999. М: 1:8000000 / Ред. Г.Н. Огуреева. М. 64 с.).

СОЛОНЦОВЫЙ КОМПЛЕКС НА СЕВЕРЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ: ФИТО-, ПЕДОРАЗНООБРАЗИЕ, ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПОЧВАМИ, МИКРОРЕЛЬЕФОМ И РАСТИТЕЛЬНЫМИ СООБЩЕСТВАМИ, ТРАНСФОРМАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ВЫПАСА

© 2018 г. Н.Б. Хитров*, Н.М. Новикова, А.А. Вышивкин**, Н.А. Волкова****

**Почвенный институт им. В.В. Докучаева*
Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2. E-mail: khitrovnb@gmail.com
***Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com

Пространственно-временное изменение фито- и педоразнообразия солонцового комплекса изучалось в целинных сухостепных экосистемах на севере Прикасписйской низменности. Основные объекты исследований расположены на территории Джаныбекской научно-исследовательской станции Института леса Российской академии наук. Исследования заключались в проведении детального независимого картографирования почв, микрорельефа и растительности на нескольких участках, отличающихся по микрорельефу. Полученные данные и карты, составленные авторами в 2000-х годах, сопоставлялись с аналогичными данными и картами, составленными Д.Л. Мозесоном, И.В. Каменецкой и М.Н. Польским в 1950-1955 гг. Проанализирована и оценена теснота взаимосвязей в солонцовом комплексе между почвами, микрорельефом и растительными сообществами. Обсуждаются изменения компонентов солонцового комплекса в связи с региональными климатическими изменениями за последние полвека, подъемом подземных вод и выпасом.

Ключевые слова: солонцы, светло-каштановые почвы, светло-каштановые солонцеватые почвы, лугово-каштановые почвы, растительные сообщества.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10003

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 1, с. 73-91

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 599.735.53:591.5

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ЭТОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ САЙГАКА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКАЗНИКА «СТЕПНОЙ» (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)[1]

© 2018 г. Т.Ю. Каримова, А.А. Лущекина

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: katayur@gmail.com

Численность популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия в последние годы находится на крайне низком уровне – около 3500-5000 особей. Многолетние исследования, проведенные на территории заказника «Степной» Астраханской области, выбранной в качестве модельного участка, позволили выявить особенности пространственного размещения и этологической структуры данной популяции, а также установить, что основная ее часть в течение всего года держится в пределах заказника «Степной» и на прилегающих территориях.
Ключевые слова: мониторинг, сайгак, пространственное размещение, стадность.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10004

В настоящее время, согласно оценкам М. МакКалума (McCallum, 2015), вымирание позвоночных происходит в 24-85 раз быстрее, чем в меловом периоде, когда произошла последняя массовая элиминация видов, а прогнозируемые потери видового разнообразия могут быть в 71-297 раз больше. Если подобные темпы вымирания сохранятся, то ряд групп позвоночных исчезнет менее, чем за сто лет (Ripple et al., 2016). Согласно анализу, проведенному Л.В. Полищуком (2016), можно ожидать, что сайгак (*Saiga tatarica tatarica* Linnaeus, 1766) пополнит этот список, несмотря на то что плодовитость вида выше, чем у многих других копытных (Полищук, 2003).

Последние 20 лет популяция сайгака, обитающая на территории Северо-Западного Прикаспия (Черноземельский, Юстинский и Яшкульский районы Республики Калмыкия и Лиманский район Астраханской области), находится в состоянии депрессии (Неронов и др., 2013). Если в середине 90-х гг. прошлого столетия численность сайгака достигала 260 тыс. голов, то в 2000 г. она упала до 25 тыс. и, постепенно снижаясь, к настоящему времени достигла крайне низкого уровня – 3500-5000 особей (рис. 1; Каримова и др., 2017). Это послужило основанием для включения в июле 2013 г. сайгака в перечень особо ценных диких видов животных и других биологических ресурсов, за незаконную добычу, содержание, приобретение, хранение, перевозку, пересылку и продажу которых наступает уголовная ответственность в соответствии со статьей 258.1 Уголовного кодекса Российской Федерации (2017). Также постановлением Правительства Республики Калмыкия № 86 от 10 марта 2015 г. сайгак был внесен в Красную книгу Республики (Электронный …, 2015). В настоящее время сайгак включен в перечень видов, предложенных для занесения в новое издание Красной книги Российской Федерации (ТАСС, 2017).

В целом, причины, негативно влияющие на численность сайгака, по всему ареалу одни и те же: *браконьерство*, в первую очередь коммерчески мотивированное изъятие

[1] Исследования были проведены при поддержке Фонда «Дарвинская инициатива» (2003-2006 гг.), программы малых грантов Альянса по сохранению сайгака и Службы рыбы и дичи США (2013-2014 гг.), проекта РФФИ № 15-29-02459 «Индивидуум-ориентированное моделирование в системе мониторинга охраняемых популяций», проекта МПР РФ «Исследование популяционной структуры волков Северо-Западного Прикаспия и влияние волков на популяцию сайгаков».

половозрелых самцов, приводящее к нарушению половозрастной структуры популяции и, соответственно, к катастрофическому снижению ее репродуктивного потенциала; *пресс хищников* (волки, лисицы, шакалы, крупные пернатые хищники), особенно в отношении молодняка; *антропогенная трансформация мест обитания* – распашка земель, выпас скота, строительство протяженных линейных сооружений, влекущее за собой нарушение путей миграций; *погодно-климатические факторы* – длительные засухи в вегетационный период, а зимой – обильные снегопады или оттепели, сменяющиеся морозами и вызывающие джуты, которые приводят к массовой гибели животных от бескормицы (в суровые зимы может погибать до 50-70% самцов, принимавших участие в гоне); *болезни* – эпизоотии ящура, отмечавшиеся в конце 50-х годов прошлого столетия в период отела среди новорожденных сайгачат (Банников и др., 1961), а также пастереллеза, последняя вспышка которого отмечена в мае-июне 2015 года в Казахстане, когда, по разным источникам, погибло от 130 до 200 тыс. сайгаков (Милнер-Гулланд, 2015; Милнер-Гулланд и др., 2016), и других заболеваний, как, например, чума мелких жвачных – зимой 2017 г. в Монголии погибло почти 10 тыс. особей (WWF …, 2017). Л.В. Полищук (2016) считает, что в вымирании сайгака эффект добычи (в том числе и браконьерской), представляющий собой «антропогенный фактор», примерно в 4 раза превосходит эффект эпизоотий («природный фактор»).

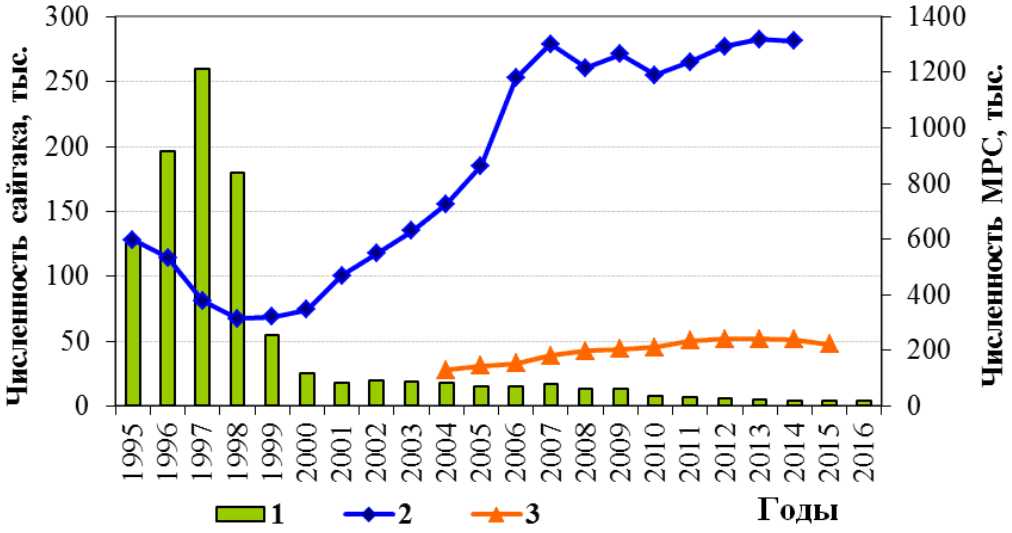


Рис. 1. Динамика численности сайгака (1) на территории Северо-Западного Прикаспия и мелкого рогатого скота на территории Черноземельского, Юстинского и Яшкульского районов Республики Калмыкия (2) и Лиманского района Астраханской области (3; Республика …, 2015; Статистический …, 2016; Астраханская …, 2017). **Fig. 1.** Dynamics of the saiga population (1) on the territory of North-West Pre-Caspian region and of the small cattle in the Chernozemelsky, Yustinsky and Yashkulsky Districts of the Republic of Kalmykia (2) and Limansky District of the Astrakhan Oblast (3; Республика …, 2015; Статистический …, 2016; Астраханская …, 2017).

Обитание сайгаков в открытых ландшафтах аридных зон определяет наличие у этих копытных специфичной этологической структуры, при которой формирование определенных группировок особей (стад), различающихся по величине и половозрастному составу, является важнейшей адаптационной особенностью популяций. Под стадом у копытных обычно понимается определенная группа животных, размер которой варьирует от нескольких особей до тысячных группировок, ведущих совместную и взаимосвязанную жизнь в какой-то определенный период времени. Подобные группы копытных обычно

действуют как единое целое, т.е. все особи этой группы совместно совершают переходы, пасутся, отдыхают, а также все вместе защищаются от врагов. Таким образом, основным показателем стада копытных следует считать общность форм поведения особей (Баскин, 1976; Жирнов, 1998).

Исследования, проведенные в Северо-Западном Прикаспии и Казахстане в 1950-1980 гг. показали, что при высокой численности сайгака существуют различия в распределении встреч стад разной величины и половозрастного состава по сезонам года, а также по годам в связи с погодно-климатическими и кормовыми условиями (Жирнов, 1961; Фадеев, Слудский, 1982).

В период низкой численности (конец XX – начало XXI века) таких исследований для сайгака, обитающего на территории Северо-Западного Прикаспия, не проводилось. Изучение пространственного размещения животных и этологической структуры стад в последние годы позволит не только оценить состояние популяции, но и выявить основные факторы, приведшие к снижению численности вида.

Материалы и методы

В качестве модельного участка была выбрана территория Государственного природного заказника «Степной», который организован в 2000 г. на территории Лиманского района Астраханской области для сохранения уникальных природных экосистем, а также для предотвращения уничтожения ряда редких видов животных и растений. На момент создания площадь заказника составляла 87 тыс. га, но в 2013 г. она была увеличена до 109.4 тыс. га. Заказник расположен в экорегионе Черные земли, который находится в зоне полупустынных бурых почв, формирующихся в условиях резко континентального климата на засоленных почвообразующих породах, и характеризуется комплексным растительным покровом. В последнее время считается, что зональным типом растительности исследуемого участка являются ксерофитно-полукустарничковые лерхополынные и мятликово-лерхополынные растительные сообщества (Бананова, Горбачев, 1977; Бананова и др., 1985; Бакинова и др., 2002), хотя ранее эту территорию относили к полынно-типчаково-ковыльной и разнотравно-типчаково-ковыльной зонам (Карта растительности …, 1950). Наши исследования показали, что в настоящий момент в данном районе распространены разнотравно-житняковые, разнотравно-ковыльные и разнотравно-полынные сообщества.

Ниже представлены результаты сравнительного анализа материалов, собранные при проведении мониторинга сайгака в 2004-2007 гг., когда его численность оценивалась в 15-17.6 тыс. голов, и в 2014-2016 гг., когда, согласно экспертной оценке, насчитывалось всего 3500-5000 особей (Каримова и др., 2017).

В ходе автомобильных маршрутов в светлое время суток путем визуальных подсчетов всех встреченных животных было определено количественное распределение сайгака на модельной территории. Места встреч и количество увиденных животных отмечали с помощью GPS и записывали в специальные карточки. В результате была составлена база данных, в которую занесены дата, погодные условия, координаты и количество встреченных животных, а также, по возможности, данные об их половозрастной структуре. Кроме сведений о сайгаках в базе собрана информация о встречах других животных (волк, лиса, корсак, степной кот, заяц и др.) и птиц (орел, орлан, гриф, стрепет, дрофа, журавль и др.).

Результаты и обсуждение

Пространственное размещение сайгака в 2004-2016 гг. Согласно собранным данным, сайгаки обитают на территории заказника «Степной» в том или ином количестве круглый

год. На рисунке 2 хорошо видно, что в 2004-2007 гг. сайгаки встречались практически на всей территории заказника, тогда как в 2014-2016 гг. сайгаки в основном отмечаются в пределах так называемой «Зоны сохранения и воспроизводства сайгака», которая была выделена в 2007 г. и откуда с 2014 г. постепенно были выведены все фермерские хозяйства. Такое перераспределение распространения сайгаков, скорее всего, связано с их малой численностью и необходимостью держаться в зоне минимального беспокойства.

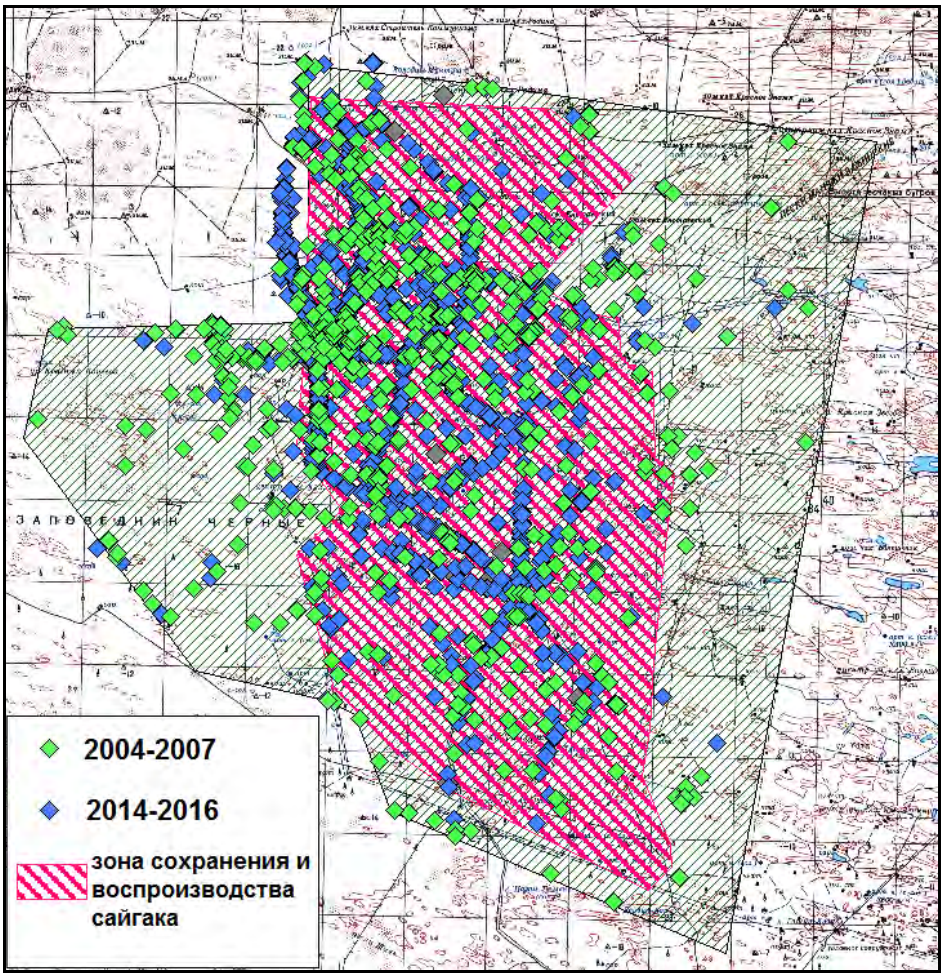


Рис. 2. Места встреч сайгаков в 2004-2016 гг. на территории заказника «Степной».
Fig. 2. Meeting sites of saiga in 2004-2016 on the territory of sanctuary “Stepnoy”.

В годы максимальной численности в 50-60-е годы XX века (рис. 3), когда численность сайгака на территории Северо-Западного Прикаспия доходила до 811 тыс. особей, а площадь зоны основного обитания составляла 60-70 тыс. км^2, сайгаки нередко встречались на прилегающих к Калмыкии территориях Астраханской, Волгоградской и Ростовской областей, Ставропольского края и Республики Дагестан (Жирнов и др., 1998; Жирнов, Максимук, 1998).

А.И. Близнюк (2009) пришел к выводу, что площадь зоны основного обитания сайгака зависит от комплексного показателя, включающего численность популяции сайгака и мелкого рогатого скота, состояние растительного покрова на пастбищах (видовой состав кормовых растений и их урожайность) и нагрузку домашних животных на пастбища, которая рассчитывается в процентах от предельно допустимого к выпасу количества животных на единицу площади угодий. Так, в середине 70-х годов прошлого столетия при численности

сайгака и домашнего скота (более 600 тыс. особей и 3 млн. голов соответственно) площадь основного обитания сайгака составляла около 48 тыс. км^2, и животные в поисках лучших пастбищ ежегодно совершали миграции протяженностью до 400 км (Близнюк, 2009). В дальнейшем в связи с падением численности сайгака зона основного обитания стала сокращаться. В последние годы, несмотря на стремительный рост поголовья домашнего скота в восточных районах Республики Калмыкия (рис. 1), сайгаки не совершают длительных миграций, предпочитая круглый держаться в зоне основного обитания на заповедных территориях (степной участок заповедника «Черные земли» и заказник «Степной») площадью около 2-3 тыс. км^2, что, по данным М.Ю. Пальцына (2016), составляет лишь 10.2% от площади всех оптимальных мест обитания.

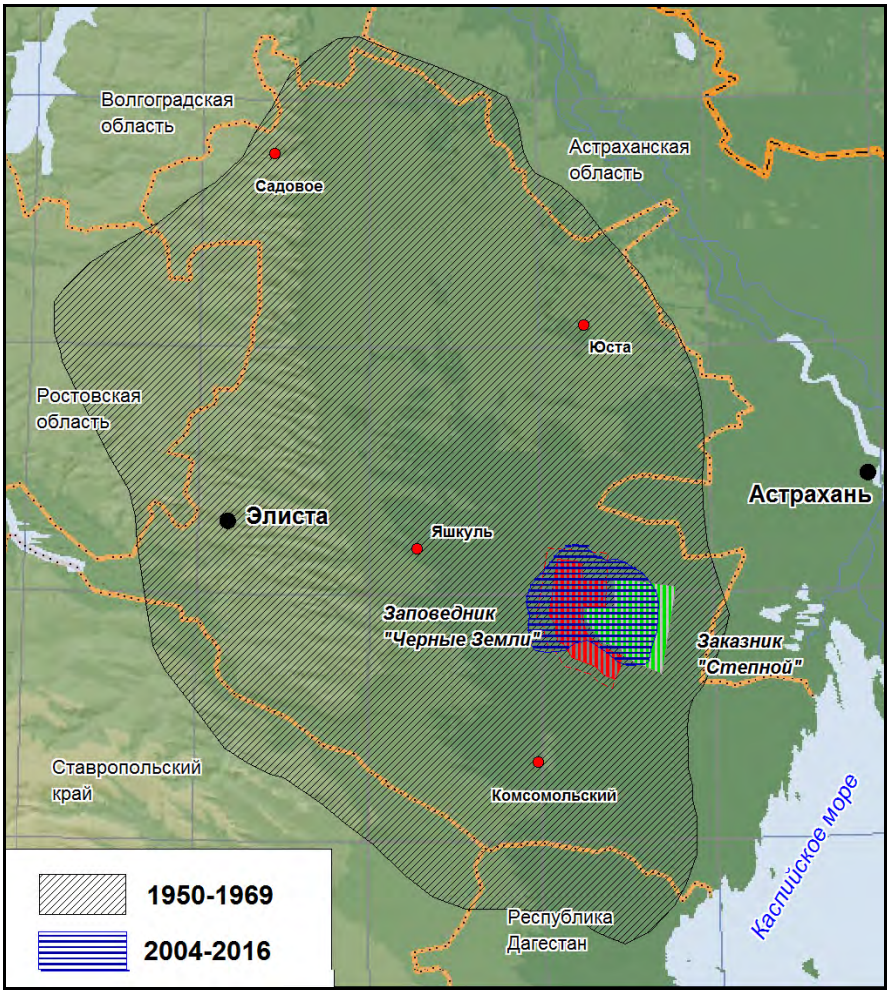


Рис. 3. Зона основного обитания сайгака в годы максимальной (1950-1969 гг.) и минимальной (2004-2016 гг.) численности. **Fig. 3.** Area of saiga main habitation in the years of its maximal (1950-1969) and minimal (2004-2016) population number.

На рисунке 4 показаны места встреч сайгаков в разные сезоны года, где хорошо видно, что в течение года сайгаки используют практически всю территорию заказника. Ранее выполненный анализ показал, что для сайгака наиболее значимыми при выборе мест обитания оказались пять факторов: расстояние до источников воды (35%), частота пожаров (28%), расстояние до животноводческих ферм (12%), покрытие растительностью по индексу NDVI (10%) и абсолютная высота местности (7%; Dubinin, 2010). Было выявлено, что и в

2004-2007 гг., и в 2014-2016 гг. осенью сайгаки были рассредоточены по всей территории, а зимой предпочитали находиться на северо-западе заказника. Весной и летом (ближе ко времени отела) 2004-2007 гг. они группировались на севере, а в эти же периоды 2014-2016 гг. чаще всего встречались в центре заказника.

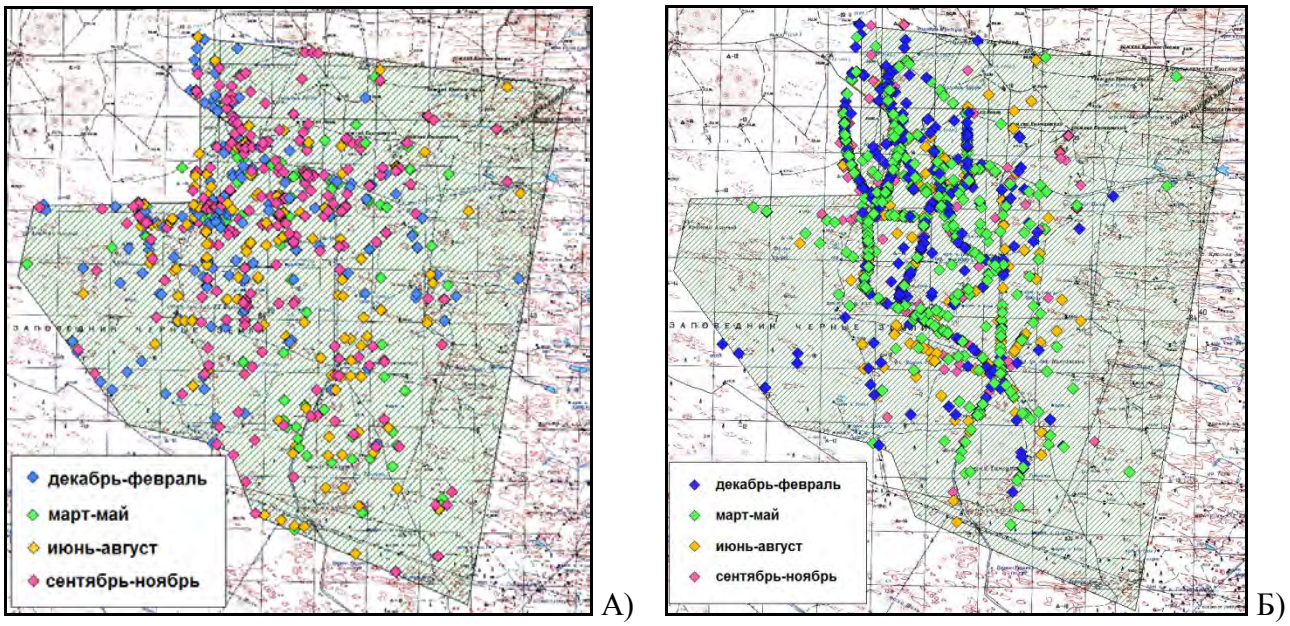


Рис. 4. Места встреч сайгаков по сезонам в 2004-2007 гг. (А) и 2014-2016 гг. (Б).
Fig. 4. Meeting points of saiga by seasons during 2004-2007 (A) and 2014-2016 (Б).

Кроме визуальных наблюдений на территории заказника несколько раз проводили эксперименты по выпуску из питомников сайгаков, снабженных спутниковыми ошейниками. Так, в 2004, 2009 и 2012 гг. из питомника «Яшкульский», расположенного на территории Республики Калмыкия, были выпущены по три особи, а в 2014 г. из питомника, расположенного в Астраханской области, еще 2 самца (Каримова и др., 2017). Предполагалось, что выпущенные в период гона самцы не только улучшат демографическую ситуацию в популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия, но и в дальнейшем позволят получать сведения о пространственном размещении животных. Эти эксперименты показали, что животные, выращенные в неволе и отпущенные в природу, видимо, в силу недостаточного физического развития и неспособности быстро бегать в короткие сроки погибают (чаще всего в первую неделю после выпуска), в основном становясь добычей хищников.

Гон и отел сайгака. С 1950-х годов площади территорий, на которых в декабре проходит гон сайгака, значительно сократились (рис. 5), что было связано с изъятием части пригодных для сайгака местообитаний в Сарпинской низменности (северо-восток Республики Калмыкия, Юстинский район) под сельскохозяйственные угодья и, как следствие, возросшим фактором беспокойства (Жирнов, 1985; Близнюк, 1995; Букреева, 2002; Арылова, Каримова, 2009).

Проведенные исследования показали, что смещение мест гона к югу, возможно, было также связано с отмечающимися климатическими изменениями (Арылова, 2008; Арылова, Каримова, 2009). Так, на юге экорегиона Черные земли (Черноземельский район Республики Калмыкия) в 90-х гг. прошлого столетия количество выпавших в декабре осадков снизилось по сравнению с тем же периодом в 1950-е годы, а на севере – возросло. Выявленные

изменения в распределении осадков, по нашему мнению, могли привести к смещению мест гона с севера (Юстинский район) в более южные районы экорегиона, где доля осадков в виде снега относительно невелика. В течение 2001-2007 гг. количество выпавших в декабре осадков в Юстинском (23.2±16.7 мм) и Черноземельском (22.7±6.9 мм) районах оказалось примерно одинаковым. Несмотря на это, места гона сайгаков по-прежнему остались на юге в районе заказника «Степной» и заповедника «Черные земли», что связано, скорее всего, с отсутствием фактора беспокойства и наличием пригодных для сайгака местообитаний.

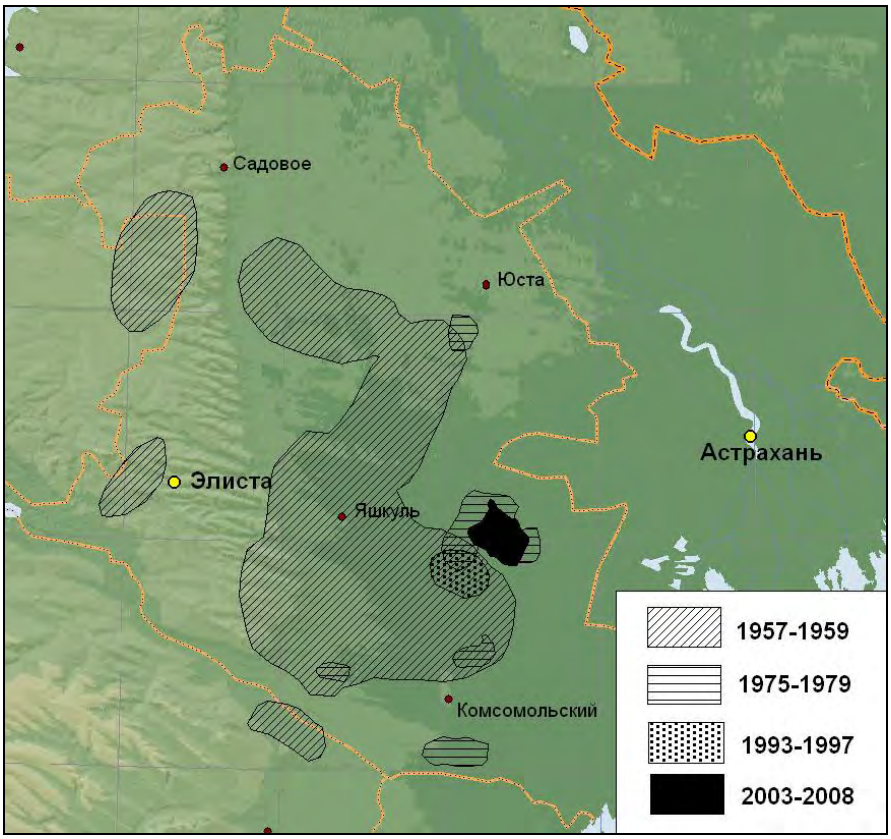


Рис. 5. Места гона сайгаков. **Fig. 5.** Saiga rutting sites.

В 50-60-е гг. прошлого века в период рождения молодняка основное поголовье сайгаков концентрировалось в Сарпинской низменности, что показано на рисунке 6 (Банников и др., 1961; Жирнов, 1982; Близнюк, 1982). В 1970-е годы началось широкомасштабное хозяйственное освоение этой территории: строительство дорог и поселков, распашка земель, разработка месторождений нефти и газа, сооружение сети оросительных каналов (Букреева, Любаев, 1986; Близнюк, 1995), в результате чего сайгаки были вытеснены на юг и основное отельное скопление самок стало располагаться в южной части экорегиона Черные земли (Жирнов, 1982). В 90-е годы отел сайгаков проходил на юге и юго-востоке Черных земель, где отмечали 2-3 отельные концентрации: Меклетинскую, Цувинскую и Ацан-Худукскую (Букреева, 2002).

На протяжении веков пастбища экорегиона Черные земли использовались сезонно. В 1980-е гг. из-за интенсификации овцеводства и перехода к бессистемному круглогодичному выпасу нелимитированного количества домашних животных на этой территории начались процессы опустынивания (Бананова, 1993; Зонн, 1995; Трофимов, 1995). В результате реализации «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ», принятой в 1986 г., из этого района вывели все поголовье домашнего скота и в

1990 г. создали Государственный природный заповедник «Черные земли» (Республика Калмыкия), получивший в 1993 г. статус биосферного. Отсутствие фактора беспокойства, а также восстановление естественной растительности (Мяло, Левит, 1996; Неронов, 1998) создали благоприятные условия для обитания сайгаков. К началу 2000-х гг. в экорегионе Черные земли сохранилась только Ацан-Худукская отельная группировка, которая на период отела концентрируется в пределах заповедника «Черные земли» и заказника «Степной».

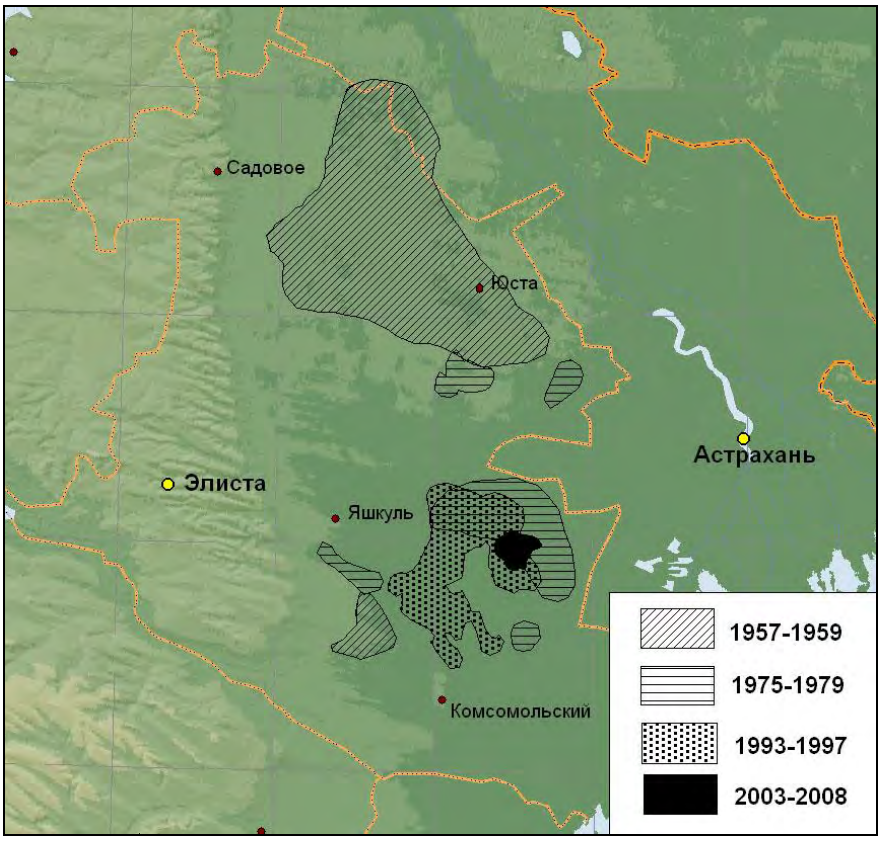


Рис. 6. Места отела сайгаков. **Fig. 6.** Saiga calving sites.

В 2004-2007 гг. и в 2015 г. отельное скопление концентрировалось на северо-западе заказника «Степной» (урочище Волга) и сопредельных территориях заповедника «Черные земли» (рис. 7), а в 2014 и 2016 гг. отел проходил только в пределах заказника «Степной».

Проведенный анализ показал, что рост поголовья домашнего скота, увеличение числа животноводческих стоянок и их укрупнение в местах обитания сайгака, а также пожары, которые довольно часто возникают за границами охраняемых территорий (Дубинин и др., 2010; Dubinin et al., 2010), привели к тому, что в последние годы для гона и отела сайгаки выбирают места, не затронутые хозяйственной деятельностью (территории заповедника «Черные земли» и заказника «Степной»).

Этологическая структура популяции сайгака в 2004-2016 гг. Сайгаку, типичному обитателю открытых ландшафтов, свойственна групповая организация особей, при которой характерно образование стад разной величины, а также более крупных социальных группировок – скоплений. Формирование крупных стад и скоплений является важнейшим приспособлением, обеспечивающим быстроту перемещений большого количества особей на далекие расстояния, что крайне важно при засухах или выпадении чрезмерного количества снега в пределах постоянной области обитания этих копытных. Высокая стадность обеспечивает безопасность жизни для отдельных особей в условиях открытого ландшафта.

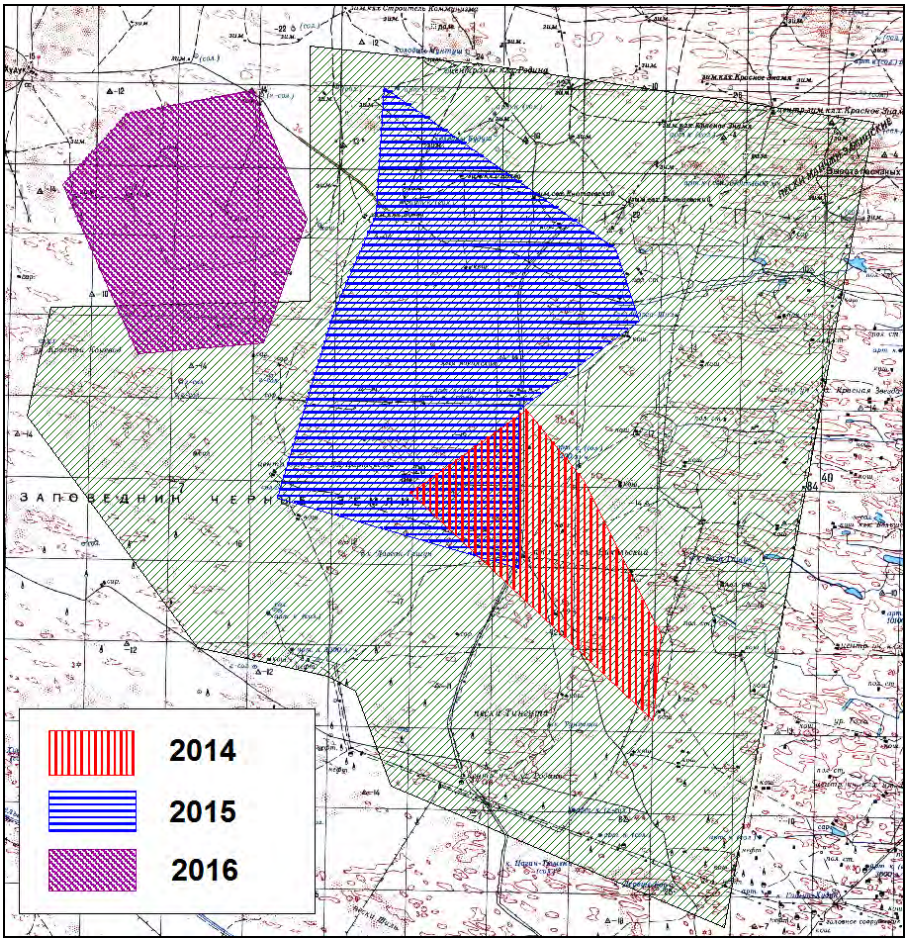


Рис. 7. Расположение отельных скоплений в 2014-2016 гг. **Fig. 7.** Location of saiga calving aggregations in 2014-2016.

Изменение величины стада обычно принято выражать «показателем стадности» (средняя арифметическая величина, которую получают от общего числа особей во всех встреченных стадах за тот или иной период). В таблице 1 приведены количество и средние размеры стад, встреченные за годы наблюдений. Анализ полученных результатов показал, что, хотя среднее количество сайгаков в стаде в 2004-2007 гг. (174±505) достоверно больше, чем в 2014-2016 гг. (121±241) по критерию Стьюдента (t_{3526}=4.24, n_1=1069, n_2=2457, P=0.00002), медианы за эти периоды составляют 35 и 40 соответственно. Это связано с тем, что в 2004-2007 гг. встречались более крупные стада сайгаков, что, видимо, и отразил среднеарифметический показатель.

При рассмотрении сезонных изменений групповой организации сайгаков подобный показатель не будет отражать истинного положения, поскольку размеры стад сайгаков в разные сезоны года варьируют от маленьких групп до сотенных и тысячных табунов. В связи с этим для характеристики стадности мы выделили следующие категории стад: 1) очень мелкие – от 1 до 20 особей; 2) мелкие – 21-200; 3) средние – 201-500; 4) крупные – 501-1000; 5) очень крупные – свыше 1000 особей.

Характер количественного распределения стад, согласно анализу данных, собранных за последние годы, несколько изменился в сторону сокращения числа встреч крупных стад (табл. 2). Также отмечено незначительное перераспределение встречаемости очень мелких и мелких стад. Вероятно, в условиях низкой численности сайгаки предпочитают держаться группами разного размера, а не поодиночке, в целях защиты, в частности, от хищников.

Таблица 1. Встречаемость и размер стад сайгаков по годам. **Table 1.** Occurrence and size of saiga herds by years.

Год	Встречено стад	Размер стада (количество особей)		
		Ср±SD	Максимум	Медиана
2004	176	137±280	2150	38
2005	259	235±752	5000	26
2006	298	160±428	5000	39
2007	336	160±412	4250	44
2014	923	113±226	3000	40
2015	477	158±283	2500	43
2016	1057	111±233	3500	37

Таблица 2. Встречаемость стад разной численности по годам (в %). **Table 2.** Occurrence of herds with different population number by years (%).

Годы	Размер стада (количество особей)				
	<21	21-200	201-500	501-1000	>1000
2004-2007	35.3	47.9	9.6	3.3	3.8
2014-2016	30.0	55.6	9.8	3.7	1.0

Известно, что для многих видов копытных животных величина и состав стад существенно меняются в разные сезоны года, что определяется поведением животных и состоянием их среды обитания (Насимович, 1955). Встречаемость стад разной величины у сайгаков также неодинакова в течение года, что для периода высокой численности вида подробно описано в работах Л.В. Жирнова (1998б) и А.И. Близнюка (2009). Анализ собранных данных показал, что в декабре в период гона, а также в летние месяцы сайгаки держались в мелких стадах, что было обусловлено или особым состоянием животных (брачный период), или скудностью пастбищ во время засушливого периода. Образование крупных стад и скоплений происходило во время миграций зимой, весной и осенью, а также в апреле и мае – во время отела. Частота встречаемости небольших по величине стад (от 21 до 200 особей) не имела резких сезонных колебаний. Такие стада являются типичной формой социальной организации группировки сайгака, и на их основе происходит формирование более крупных стад и скоплений. На рисунке 8 представлена динамика встречаемости стад разного размера за последние годы.

В период исследований мы в основном отмечали встречи мелких и очень мелких стад сайгака. Но если в 2014-2016 гг. этот показатель не сильно различался по месяцам и составлял от 84.9 до 92.4% (лишь в апреле и мае снижаясь до 71.2 и 76.9% соответственно), то в предшествующий период при более высокой численности животных он варьировал от 56.6% в апреле до 100% в июле. Крупные стада в 2004-2007 гг. встречались практически круглый год, и их количество увеличивалось перед отелом и гоном. В 2014-2016 гг. крупные стада были отмечены в апреле и мае – во время отела, а в августе они были встречены недалеко от водопоев – артезианских скважин.

В целом, тенденции в динамике стад сайгака, выявленные в 50-80-е гг. прошлого столетия, когда отмечался период высокой численности животных, сохраняются и для

современного периода низкой численности, чего нельзя сказать о самом размере стад, который, по нашим данным, значительно уменьшился.

Факторы, влияющие на численность популяции в последние годы. Сравнительный анализ данных мониторинга 2014-2016 гг. с данными 2004-2007 гг. показал, что, скорее всего, численность сайгака на всей территории Северо-Западного Прикаспия значительно сократилась. Так, если в 2007 г. на отел собиралось около 15 тыс., а на гон до 20 тыс. особей, то в 2014 г. эти цифры не превышали 4000 и 2000 голов соответственно.

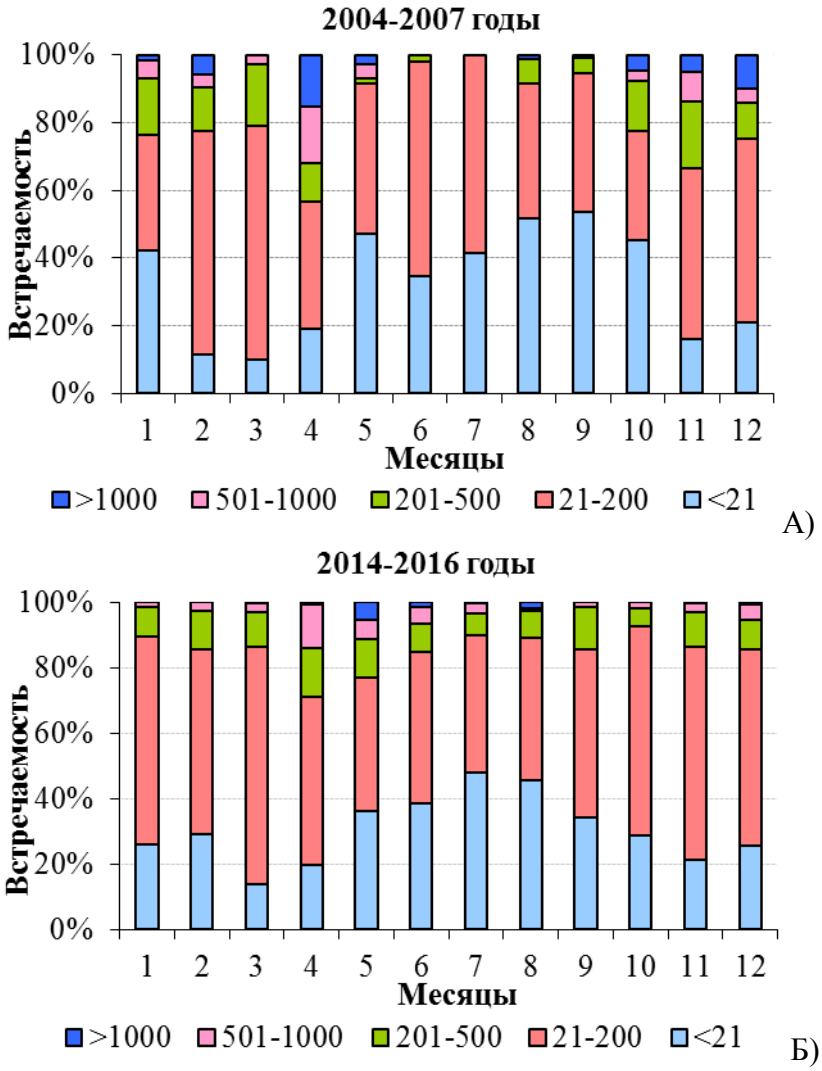


Рис. 8. Ежегодная встречаемость стад разного размера за 2004-2007 гг. (А) и 2014-2016 гг. (Б). **Fig. 8.** Annual occurrence of herds of different sizes in 2004-2007 (A) and 2014-2016 (Б).

Считается, что одной из основных причин сокращения численности популяции Северо-Западного Прикаспия является снижение доли половозрелых самцов. До середины 80-х гг. прошлого века доля взрослых самцов в популяции оставалась достаточно высокой (от 14.9 до 30.4%; Близнюк, 2009). Однако в результате социально-экономических преобразований, происходивших в нашей стране в 90-е гг., широкое распространение получила нелегальная охота. Ликвидация государственной монополии на внешнюю торговлю и ослабление таможенного контроля на границах послужили толчком для неконтролируемого вывоза

сайгачьих рогов за границу (Жирнов, 1998а). Высокий спрос на рога и потеря средств к существованию из-за экономического кризиса вынуждали местных жителей прибегать к браконьерской охоте. Из-за выборочного отстрела самцов к августу 2002 г. численность сайгака сократилась до 1.1%, а к моменту гона составила всего 0.6% (Milner-Gulland et al., 2003). В результате существенно нарушилась половозрастная структура популяции и сократилось ее воспроизводство.

В последующие годы ситуация несколько улучшилась. Так, в годы проведения мониторинга доля взрослых самцов в популяции Северо-Западного Прикаспия в августе 2004 г. составляла 10.3%, в 2005 – 8.8%, в 2006 – 12.7%, в 2007 – 12.9%, в 2014 – 5.7%, в 2015 – 5.4%, в 2016 – 8.1% (Арылова, 2009; Летопись …, 2014; Калмыкия-online, 2017). Статистический анализ показал, что в 2004-2007 гг. средняя доля самцов (11.2±2.0) достоверно выше этого показателя за 2014-2016 гг. (6.4±1.5 по критерию Манна-Уитни ($U=0$, $P=0.03$). По данным Управления Россельхознадзора по Республике Калмыкия, в 2004-2007 гг. перед гоном в популяции насчитывалось от 1.7 до 6.1% взрослых самцов (Близнюк, 2009), а к 2010 этот показатель вырос до 7.5% (Кравчук, Букреева, 2014). Однако, несмотря на улучшение половозрастной структуры, продолжилось снижение численности сайгака. В декабре 2014 г. доля половозрелых самцов составляла всего 0.72 (Летопись …, 2014).

На рисунке 9 представлены данные Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Республике Калмыкия о динамике выявленных фактов браконьерства на сайгака. По мнению В.Г. Намровой (2000), количество нарушений по сайгаку значительно выше, а их «недооценка» связана со спецификой работы природоохранных служб. Во-первых, сотрудники природоохранных органов охотнее применяют меры административного взыскания, нежели возбуждают уголовные дела, так как штраф с правонарушителей поступает на счета природоохранных учреждений.

Рис. 9. Динамика выявленных фактов браконьерства на сайгака на территории Калмыкии в 1985-2008 гг. (Арылова, 2009). **Fig. 9.** Dynamics of the revealed facts of saiga poaching on the territory of Kalmykia in 1985-2008 (Арылова, 2009).

Во-вторых, часть возбужденных дел прекратили на основании Постановления Государственной думы ФС «Об объявлении амнистии» от 18 июня 1999 г. В-третьих, сама специфика незаконной охоты на сайгака заключается в использовании транспортных средств, а именно – высокоскоростных мотоциклов, которые способны «загнать» животных до смерти (использование оружия в таком случае становится необязательным) и на которых

легко скрыться от сотрудников природоохранных служб. Таким образом, большая доля нелегальной охоты все еще не фиксируется из-за ограниченной возможности задержания браконьеров на обширной территории обитания сайгаков и в связи с недостаточным материально-техническим обеспечением природоохранных служб.

Реорганизация в 2008 г. системы управления охотничьим хозяйством привела практически к полной утрате контроля со стороны государства над состоянием, охраной и использованием популяции сайгака в Северо-Западном Прикаспии. В частности, в Калмыкии упразднили специализированный отряд по охране сайгаков, насчитывавший 20 человек и осуществлявший регулярное патрулирование мест обитания сайгака. Передача полномочий по мониторингу и охране сайгака Министерству природных ресурсов, охраны окружающей среды и развития энергетики Республики Калмыкия усугубило положение сайгаков: ухудшился учет численности, ослабла охрана. В настоящее время в Республике отсутствует должный контроль соблюдения охотничьего и природоохранного законодательства со стороны государственных органов, в частности, по причине недостаточно согласованных действий между республиканскими природоохранными органами и тем более между разными субъектами РФ (Республики Калмыкия и Дагестан, Астраханская и Ростовская области, Ставропольский край). Мешает нормальной работе природоохранных структур и неадекватность существующей законодательной базы, а также отсутствие полноценного материально-технического обеспечения, и ряд других обстоятельств.

За 2010-2016 гг. на территории Республики Калмыкия выявлены 19 нарушений природоохранного законодательства в области охраны сайгака, послужившие основанием для возбуждения уголовных дел (Калмыцкая …, 2016). В результате 6 граждан осуждены по части 1 статьи 258 УК РФ («Незаконная охота»), им предъявлены иски о возмещении ущерба, а также по части 1 статьи 222 («Незаконные приобретение, передача, сбыт, хранение, перевозка или ношение оружия, его основных частей, боеприпасов»). В отношении других нарушителей закона ведутся следственные мероприятия, после чего уголовные дела будут направлены в прокуратуру, а затем в суд. Надо отметить, что в последние годы участились случаи браконьерства на территории заповедника «Черные земли» (Информационный …, 2015).

Благодаря действенной охране, периодическим антибраконьерским рейдам на спортивных мотоциклах и проведению сотрудниками заказника «Степной» разъяснительной работы среди местного населения на его территории за весь период существования был задержан только один браконьер с убитым самцом сайги – в 2009 г., а в 2008 и 2010 гг. были пресечены попытки браконьерской охоты на мотоциклах.

Относительно влияния волков на численность сайгака взгляды специалистов расходятся. Если изначально среди охотоведов и зоологов было распространено мнение, что волки играют решающую роль в сокращении численности сайгака (Слудский, 1955, 1962; Раков, 1956 и др.), то более детальные исследования в середине 1970-х гг. показали, что такая оценка роли волков в регуляции численности популяций сайгаков неточна и требует определенной корректировки (Жирнов, 1982).

Наибольший урон волки наносят в зимний период, когда охотятся по насту при высоком снежном покрове, который сильно снижает скорость передвижения сайгаков, поскольку весовая нагрузка на след у них в 4-6 раз больше, чем у волка (Жирнов, 1982, 1985). Считается, что одинокий волк не может догнать взрослого здорового сайгака, так как хищник лишь непродолжительное время может развивать скорость до 40-45 км/ч, тогда как сайгак легко бежит со скоростью 60-75 км/ч (Слудский, 1962). Серьезную опасность волки представляют для истощенных после гона самцов и самок перед родами, а также для новорожденных сайгачат (их они могут уничтожать, охотясь поодиночке; Бибиков и др., 1998). Исследования, проведенные в Казахстане показали, что в весенне-летний период

значение сайгаков в питании волка резко сокращается: в мае-июне остатки сайгаков встречались в 7.9-35.2% экскрементов, летом – в 2.5%, зимой – в 96.7-100% (Слудский, 1962). По данным исследования 2016 г., доля сайгака в летне-осеннем питании волков, обитающих на территории заповедника «Черные земли» и заказника «Степной», составила около 50%, а на долю МРС приходилось 21%, КРС – 16%, грызунов – 4%, зайцев – 3%, лис – 3%, других видов диких животных и птиц – 4%. Вероятно, это связано с тем, что образцы экскрементов волков собирали на охраняемых территориях, где выпас сельскохозяйственных животных крайне ограничен, а сайгак держится практически круглый год (Чистополова и др., 2017).

По данным А.И. Близнюка (2009), в 1995-1999 гг. на территории заповедника «Черные земли» и его охранной зоны один волк за год добывал от 9.1 до 12.2 сайгака. Если учесть, что в то время численность волка на этой территории составляла около 100 особей, а группировка сайгака размером от 120 до 260 тыс. держалась в районе заповедника 9 месяцев в году, 910-1220 съеденных сайгаков – цифры незначительные. Исходя из собственных наблюдений, А.И. Близнюк (2009) пришел к выводу, что в местах контакта волков с мелкими стадами сайгака (10-30 особей) эффективность их охоты заметно снижается. Также за все время наблюдений отмечено, что за одну охоту волк добывает 1-2 сайгаков, 3 – очень редко.

При обследовании территории заказника в 2014-2016 гг. особое внимание уделялось волку (рис. 10). По мнению сотрудников заказника, на его территории обитает около 30 волков (В.Г. Калмыков, личное сообщение), при этом за весь период наблюдений было зафиксировано 26 случаев находок сайгаков, загрызенных волками (в 2014 г. – 9, в 2015 г. – 5, в 2016 г. – 12). Все случаи приходились на зимний и весенний периоды.

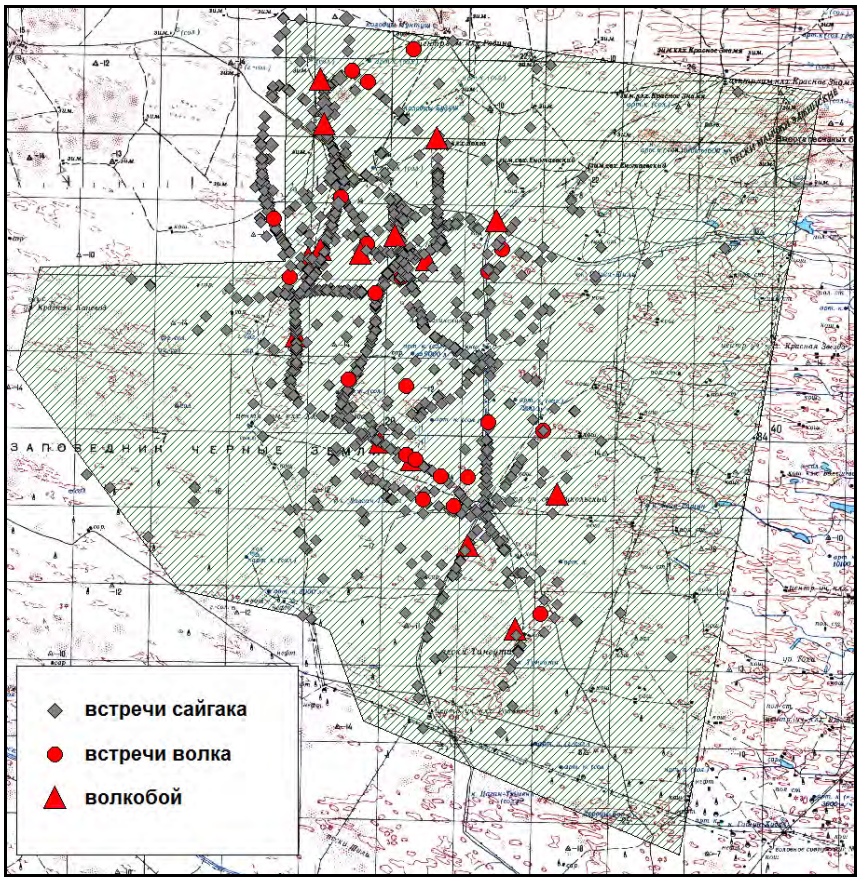


Рис. 10. Места встреч сайгака, волка и случаи волкобоя в 2014-2016 гг. **Fig. 10.** Meeting sites of saiga and wolf, and cases of saiga killing by wolves in 2014-2016.

Опрос, проведенный в 2016 г. среди фермеров, чьи животноводческие стоянки находятся на территории заказника, но за пределами «Зоны сохранения и воспроизводства сайгака», показал, что с января по октябрь волками (около 14 особей) было съедено 6 коров (из 257) и 33 головы мелкого рогатого скота (всего – 3993). Сотрудники заказника неоднократно наблюдали факты «мирного» сосуществования волков и сайгаков. По их мнению, стаи волков предпочитают не охотиться на сайгаков недалеко от логова (В.Г. Калмыков, личное сообщение). Такое поведение волка описано также у В.С. Гавриленко (2009). Он считает, что волки, постоянно обитающие в степи заповедника «Аскания-Нова» с 1996 г., не оказывают никакого влияния на поголовье сайгаков внутри загонов, т.к. охотятся в основном на зайцев и мелких грызунов и иногда совершают набеги на овчарни. Также следует отметить, что такая высокая численность волка отмечается только на заповедных территориях Черных земель, т.к. вне охраняемых территорий охота на него ведется постоянно.

Оценивая влияние волков на популяции сайгаков, мы согласны с мнением Д.И. Бибикова и его соавторов (1998): волк не способен ограничивать рост численности сайгака, поскольку основная доля добычи приходится на дефективную часть популяции (тем самым волки способствуют оздоровлению популяций копытных), а сохранение эволюционно закрепленных отношений хищника и жертвы, видимо, обязательно для благополучного существования биологически полноценных популяций сайгаков.

Заключение

В последние годы на территории Северо-Западного Прикаспия на разных уровнях (от районного до федерального) предпринимаются различные меры по сохранению как самого сайгака, так и мест его обитания: это и проведение мониторинга, и работа с местным населением, и ряд других природоохранных мероприятий, в том числе включение сайгака в перечень особо ценных диких животных и водных биологических ресурсов, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу Российской Федерации и/или охраняемым международными договорами Российской Федерации, для целей статей 226.1 и 258.1 УК РФ (2017). Все эти меры должны в конечном счете поспособствовать восстановлению численности природной популяции сайгака.

Численность сайгака в Северо-Западном Прикаспии в период с 2004 по 2016 гг., снизилась с 15-17.6 тыс. голов до 3500-5000 особей. При этом данные мониторинга, собранные на территории заказника «Степной» показали, что такое снижение мало повлияло на пространственное размещение сайгака и этологическую структуру стад.

В целом, тенденции в динамике стад сайгака, выявленные в 50-80-е гг. прошлого столетия в период высокой численности животных, сохраняются и для современного периода низкой численности, чего нельзя сказать о самом размере стад, который, по нашим данным, значительно уменьшился. В последние годы отмечено сокращение числа встреч крупных стад (>1000 голов), а также увеличение встречаемости мелких стад (21-200 голов). Это, вероятно, связано с тем, что в условиях низкой численности сайгаки предпочитают держаться в группе, а не поодиночке, в целях защиты, в частности, от хищников.

Рост поголовья домашнего скота, увеличение числа животноводческих стоянок и их укрупнение в местах обитания сайгака, а также пожары, привели к тому, что в последние годы для гона и отела животные выбирают места, не затронутые хозяйственной деятельностью, т.е. охраняемые территории заповедника «Черные земли» и заказника «Степной».

Одной из основных причин сокращения численности популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия является снижение доли половозрелых самцов. В результате избирательного изъятия самцов в ходе нелегальной охоты, начавшейся в 90-е гг. прошлого

века, существенно нарушилась половозрастная структура популяции и сократилось ее воспроизводство. В последние годы процент взрослых самцов в популяции сайгака в августе составлял всего от 5.4 до 12.9%, снижаясь к гону до критических 0.72%. К сожалению, случаи браконьерства фиксируются на территории Республики Калмыкия и в наши дни.

В настоящее время, несмотря на высокую плотность волка в заповеднике «Черные земли» и заказнике «Степной», этот хищник не способен ограничивать рост численности сайгака, так как на прилегающих территориях интенсивно развивается сельское хозяйство.

Полученные результаты в дальнейшем могут быть экстраполированы на всю территорию обитания популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия, но уже сейчас понятно, что восстановление численности сайгака на этой территории можно ожидать только при организации действенной охраны по всему ареалу его современного обитания.

В заключении хотелось бы выразить искреннюю *благодарность* сотрудникам заказника «Степной» и его директору В.Г. Калмыкову, без помощи которых данное исследование было бы невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Арылова Н.Ю. 2008. Особенности репродукции сайгака (*Saiga tatarica tatarica* L.) в Республике Калмыкия в условиях низкой численности // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 136-142.

Арылова Н.Ю. 2009. Экология сайгака (*Saiga tatarica tatarica* L., 1766) на территории Северо-Западного Прикаспия в условиях депрессии численности (на примере экорегиона Черные земли). Дис. … канд. биол. наук. Ростов-на-Дону. 233 с.

Арылова Н.Ю., Каримова Т.Ю. 2009. Размножение сайгаков в Северо-Западном Прикаспии в период депрессии численности // Сборник материалов XXIX Международного конгресса биологов-охотоведов. Часть 2. М.: МАИ-Принт. С. 240-241.

Астраханская область в цифрах. 2017. [Электронный ресурс http://astrastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/astrastat/ru/publications/official_publications/electronic_versions/ (дата обращения 13.12.2017)].

Бакинова Т.И., Борликов Г.М., Джапова Р.Р., Кензеева Н.Б., Натыров А.К., Санкуева З.М., Халгинова Б.В. 2002. Кормовые ресурсы сенокосов и пастбищ Калмыкии. Ростов-на-Дону. 184 с.

Бананова В.А. 1993. Антропогенное опустынивание аридных территорий Калмыкии. Автореф. дис. … док. биол. наук. Ашхабад. 37 с.

Бананова В.А., Горбачев Б.Н. 1977. Коренная растительность // Растительный мир Калмыкии. Элиста: Калмиздат. С. 22-52 .

Бананова В.А., Кулешов Л.Н., Бендюкова З.Б. 1985. Карта восстановленной растительности Калмыцкой АССР. М. 1:500000. Л.: СЗФ ВИСХАГИ. 1 л.

Банников А.Г., Жирнов Л.В., Лебедева Л.С., Фандеев А.А. 1961. Биология сайгака. М.: Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. 336 с.

Баскин Л.М. 1976. Поведение копытных животных. М.: Наука. 295 с.

Бибиков Д.И., Жирнов Л.В., Филимонов А.Н., Бекенов А.Б. 1998. Гибель сайгаков от хищников// Сайгак. Филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 241-247.

Близнюк А.И. 1982. Экология и рациональное использование популяции сайгаков в Северо-Западного Прикаспия. Дис. … канд. биол. наук. М. 129 с.

Близнюк А.И. 1995. Роль хозяйственного освоения территории в изменении численности калмыцкой популяции сайгака // Биота и природная среда Калмыкии. М.-Элиста. С. 222-244.

Близнюк А.И. 2009. Сайгак калмыцкой популяции. Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар». 554 с.

Букреева О.М. 2002. Европейская популяция сайгака (*Saiga tatarica* L.) и факторы, определяющие ее состояние. Дисс. ... канд. биол. наук. М. 224 с.

Букреева О.М., Любаев В.Л. 1986. Проблемы и перспективы охраны сайгака в Калмыкии // IV съезд Всесоюзного териологического общества. М. С. 145-146.

Гавриленко В.С. 2009. Аскания-Нова – полуприродный питомник сайгака // Saiga news. № 9. С. 14-15.

Дубинин М.Ю., Лущекина А.А., Раделоф Ф.К. 2010. Оценка современной динамики пожаров в аридных экосистемах по материалам космической съемки (на примере Черных земель) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 5-16.

Информационный портал «В Калмыкии». 2015. Расследуется дело браконьеров [Электронный ресурс https://vkalmykii.com/rassleduetsya-delo-brakonerov (дата обращения 13.12.2017)].

Жирнов Л.В. 1961. Сайгаки Западного Прикаспия // Охота и охотничье хозяйство. № 1. С. 20-22.

Жирнов Л.В. 1982. Возвращенные к жизни (экология, охрана и использование сайгаков). М.: Лесная промышленность. 224 с.

Жирнов Л.В. 1985. Копытные аридных зон Евразии (популяционно-видовые особенности, биологические основы охраны и рационального использования). Автореф. дис. … док. биол. наук. М. 44 с.

Жирнов Л.В. 1998а. Антропические факторы и их роль в регуляции численности популяции // Сайгак. Филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 252-264.

Жирнов Л.В. 1998б. Этологическая структура и социальная организация // Сайгак. Филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 144-155.

Жирнов Л.В., Бекенов А.Б., Грачев Ю.А., Дуламцэрэн С., Лущекина А.А. 1998. Географическое распространение и история ареала. Ареал и его изменение в XX веке // Сайгак. Филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 60-67.

Жирнов Л.В., Максимук А.В. 1998. Численность сайгаков в XX веке. Северо-Западный Прикаспий // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 219-225.

Зонн Н.С. 1995. Республика Калмыкия – Хальмг Тангч – европейский регион экологической напряженности // Биота и природная среда Калмыкии. М.-Элиста. С. 19-53.

Калмыкия-online. 2017. В Калмыкии отмечается увеличение численности самцов [Электронный ресурс http://kalmykia-online.ru/news/11346 (дата обращения 13.12.2017)].

Калмыцкая правда. 2016. Если останется последний сайгак, в этом будем виноваты мы все [Электронный ресурс http://halmgynn.ru/4494-esli-ostanetsya-posledniy-saygak-v-etom-budem-vinovaty-my-vse.html (дата обращения 13.12.2017)].

Каримова Т.Ю., Лущекина А.А., Рожнов В.В. 2017. Сайгаки в неволе: от содержания и разведения до выпуска в природу. М.: Товарищество научных изданий КМК. 122 с.

Карта растительности европейской части СССР. М. 1:2500000. 1948. Л.: АН СССР. 4 л.

Кравчук О.А., Букреева О.М. 2014. Проблемы размножения сайгака в Северо-Западном Прикаспии // Вестник Калмыцкого института гуманитарных исследований РАН. № 3. С. 190-193.

Красная книга Республики Калмыкия. В 2-х томах. 2013-2014. Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар». Т. 1. 2013. 200 с.; Т. 2. 2014. 199 с.

Красная книга Российской Федерации. 2017. [Электронный ресурс https://cicon.ru (дата обращения 16.12.2017)].

Летопись природы ФГБУ государственного природного биосферного заповедника «Черные земли». 2014. Книга XVIII. [Электронный ресурс http://zapovednik-chernyezemli.ru/wp-content/uploads/2015/11/Летопись_природы_ 2014_год.pdf (дата обращения 13.12.2017)].

Милнер-Гулланд Э.Дж. 2015. Катастрофа и надежда для сайгака в 2015 году // Saiga News. Вып. 19. С. 1-3.

Милнер-Гулланд Э.Дж., Морган Э., Кокк Р. 2016. Почему в считанные дни умерло более 200 тысяч сайгаков. [Электронный ресурс http://inosmi.ru/science/20161211/238369424.html (дата обращения 13.12.2017)].

Мяло Е.Г., Левит О.В. 1996. Современное состояние и тенденции развития растительного покрова Черных земель // Аридные экосистемы. Т. 2. № 2-3. С. 145-152.

Намрова В.Г. 2000. Уголовно-правовые проблемы борьбы с незаконной охотой в Республике Калмыкия // Вестник Калмыцкого университета. Вып. 1. С. 160-164.

Насимович А.А. 1955. Роль режима снежного покрова в жизни копытных животных на территории СССР. М.: Издательство Академии наук СССР. 402 с.

Неронов В.В. 1998. Антропогенное остепнение пустынных пастбищ северо-западной части Прикаспийской низменности // Успехи современной биологии. Т. 118. Вып. 5. С. 597-612.

Неронов В.М., Арылова Н.Ю., Дубинин М.Ю., Каримова Т.Ю., Лущекина А.А. 2013. Современное состояние и перспективы сохранения сайгака в Северо-Западном Прикаспии // Аридные экосистемы. Т. 19. № 2 (55). С. 5-14.

Пальцын М.Ю. 2016. Оценка потенциальной пригодности местообитаний степных копытных в Республике Калмыкия и Забайкальском крае. Отчет по проекту ПРООН/ГЭФ 00072294 «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России» [Электронный ресурс http://savesteppe.org/project/docs/report_final_habitat-model_ungulates2016.pdf (дата обращения 13.12.2017)].

Полищук Л.В. 2003. Скорость размножения и угроза вымирания вида // Природа. № 7. С. 12-21.

Полищук Л.В. 2016. Почему вымерли мамонты и гибнут сайгаки: история о вкладах // Троицкий вариант. № 14 (208). С. 11.

Раков Н.В. 1956. Сайгак в Западном Казахстане // Труды Института зоологии АН КазССР. Т. 6. Алма-Ата. С. 28-60.

Республика Калмыкия. Статистический ежегодник. Элиста. 2015. 302 с. [Электронный ресурс http://statrk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/statrk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/ (дата обращения 13.12.2017)].

Слудский А.А. 1955. Сайгак в Казахстане // Труды Института зоологии АН КазССР. Т. 4. Алма-Ата. С. 18-55.

Слудский А.А. 1962. Взаимоотношение хищников и добычи // Труды Института зоологии АН КазССР. Т. 17. Алма-Ата. С. 24-143.

Статистический ежегодник Астраханской области. 2016. [Электронный ресурс http://astrastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/astrastat/ru/publications/official_publications/electronic_versions/ (дата обращения 13.12.2017)].

ТАСС. 2017. Сайгаки и косатки войдут в новую Красную книгу РФ [Электронный ресурс http://tass.ru/obschestvo/4033746 (дата обращения 13.12.2017)].

Трофимов И.А. 1995. Природные кормовые угодья Черных земель // Биота и природная среда Калмыкии. М.-Элиста. С. 53-83.

Уголовный кодекс Российской Федерации. 2017. [Электронный ресурс http://stykrf.ru (дата обращения 13.12.2017)].

Фадеев В.А., Слудский А.А. 1982. Сайгак в Казахстане (Экология, хозяйственное значение). Алма-Ата: Наука Казахской ССР. 160 с.

Чистополова М.Д., Эрнандес-Бланко Х.А., Поярков А.Д., Александров Д.Ю., Лущекина А.А., Рожнов В.В. 2017. Особенности питания волка в Северо-Западном Прикаспии в зависимости от пространственной организации популяции // VI Всероссийская конференция по поведению животных. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 172.

Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. 2015. О внесении изменения в перечень видов (подвидов) животных, занесенных в Красную книгу Республики Калмыкия, утвержденный постановлением правительства Республики Калмыкия от 3 сентября 2013 г. № 409 [Электронный ресурс http://docs.cntd.ru/document/453138870 (дата обращения 13.12.2017)].

Dubinin M. 2010. Effects of land use change on fire, vegetation and wildlife dynamics in arid ecosystems of southern Russia. PhD Thesis, University of Wisconsin-Madison. 186 p.

Dubinin M., Potapov P., Lushchekina A., Radeloff V.C. 2010. Reconstructing long time series of burned areas in arid grasslands of southern Russia by satellite remote sensing // Remote Sensing of Environment. Vol. 114. P. 1638-1648.

McCallum M.L. 2015. Vertebrate biodiversity losses point to a sixth mass extinction // Biodiversity and Conservation. Vol. 24. № 10. P. 2497-2519.

Milner-Gulland E.J., Bukreeva O.M., Coulson T., Lushchekina A.A., Kholodova M.V., Bekenov A.B., Grachev I.A. 2003. Reproductive collapse in saiga antelope harems // Nature. Vol. 422. P. 135.

Ripple W.J., Chapron G., López-Bao J.V., Durant S.M., Macdonald D.W., Lindsey P.A., Bennett E.L., Beschta R.L., Bruskotter J.T., Campos-Arceiz A., Corlett R.T., Darimont C.T., Dickman A.J., Dirzo R., Dublin H.T., Estes J.A., Everatt K.T., Galetti M., Goswami V.R., Hayward M.W., Hedges S., Hoffmann M., Hunter L.T.B., Kerley G.I.H., Letnic M., Levi T., Maisels F., Morrison J.C., Nelson M.P., Newsome T.M., Painter L., Pringle R.M., Sandom C.J., Terborgh J., Treves A., Van Valkenburgh B., Vucetich J.A., Wirsing A.J., Wallach A.D., Wolf C., Woodroffe R., Young H., Li Zhang. 2016. Saving the World's Terrestrial Megafauna // BioScience. Vol. 66. № 10. P. 807-812.

WWF Mongolia. 2017. 54.5 Percent of the Mongolian Saiga Population Is Lost due to Disease Outbreak [Электронный ресурс http://mongolia.panda.org/en/news/?296930/545-percent-of-the-mongolian-saiga-population-is-lost-due-to-disease-outbreak (дата обращения 13.12.2017)].

FEATURES OF THE SPATIAL DISTRIBUTION AND ETHOLOGICAL STRUCTURE OF SAIGA POPULATION WITHIN THE "STEPNOY" SANCTUARY (ASTRAKHAN OBLAST)

© 2018. T.Yu. Karimova, A.A. Lushchekina

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS
Russia, 119071, Moscow, Leninsky Avenue, 33. E-mail: katayur@gmail.com

In the recent years the number of the North-West Pre-Caspian saiga population has decreased extremely and now consists of about 3500-5000 individuals. "Stepnoy" sanctuary, Astrakhan Oblast, has been selected as a pilot plot for our research. The long-term monitoring allowed us to reveal features of spatial distribution and ethological structure of the mentioned population. It was determined that the main part of this population is located within the sanctuary "Stepnoy" and the adjacent areas throughout the entire year.

Keywords: monitoring, saiga antelope, spatial distribution, herdness.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10004

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 1, с. 92-111

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 502.53:581.55+528.8.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТУНДРОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА ПРИМЕРЕ ВОДООХРАННЫХ ЗОН РЕК НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА[1]

© 2018 г. М.В. Козлова, Г.Ш. Турсунова, О.В. Горелиц, И.В. Землянов

Государственный Океанографический Институт им. Н.Н. Зубова
Россия, 119034, г. Москва, Кропоткинский пер., д. 6. E-mail: gorelits@mail.ru

В статье рассматриваются методы составления карт растительного покрова водоохранных зон рек северной части Ненецкого Автономного Округа (НАО) с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) и полевых данных. Показаны особенности обработки многоканальных и черно-белых спутниковых снимков высокого и среднего пространственного разрешения территории зоны тундр. Впервые с помощью ДДЗЗ для рассмотренных участков водоохранных зон на территории НАО составлены подробные карты растительного покрова и определены участки с антропогенно нарушенными фитоценозами.
Ключевые слова: растительный покров, водоохранная зона, дистанционное зондирование Земли, антропогенное воздействие, тундра.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10005

Растительный покров – это один из ключевых компонентов экосистем и индикаторов состояния природной среды. На прибрежных территориях водных объектов в тундрах он сдерживает эрозионные процессы и деградацию вечной мерзлоты, в т.ч. вызванные хозяйственной деятельностью человека и русловыми процессами (Игловский, 2013; Самозарастание …, 2014). В зонах арктического климата тундровые фитоценозы имеют очень низкую способность к восстановлению, поэтому неимоверно важна их охрана.

Для снижения негативного воздействия деятельности человека на уязвимые фитоценозы Крайнего Севера необходимы рекогносцировочные обследования, картографирование и проведение мониторинга состояния растительного покрова, а также разработка специальных подходов при ведении и планировании хозяйственной деятельности в зоне распространения вечномерзлых пород (Отчет …, 2001; Программа мониторинга …, 2014).

Картографирование тундр методически – достаточно сложная задача, поэтому необходимо совместное применение методов, основанных на обработке ДДЗЗ, и методов полевых описаний. Возможности использования оптических спутниковых данных высокого разрешения в условиях тундр ограничены из-за облачности и короткого вегетационного периода, поэтому за сезон не удается получить большого числа снимков, пригодных для анализа (Tutubalina, Rees, 2001; Тутубалина, 2006). Кроме того, стоимость ДДЗЗ высокого разрешения часто не позволяет получить временные ряды таких изображений. Поэтому для получения достоверных данных о состоянии земной поверхности необходимо комбинирование снимков высокого пространственного разрешения со свободно распространяемыми разновременными снимками среднего разрешения.

Цель данной работы – рекогносцировочное обследование растительных сообществ тундр с использованием оптических спутниковых данных разного пространственного разрешения, изучение состава и состояния растительных сообществ, а также степени и характера воздействия деятельности человека на фитоценозы тундр в пределах водоохранных зон

[1] Работа выполнена в рамках ГК № 3-0184200000615000110 от 04.06.2015 и ГК 7-0184200000616000154 от 03.08.2016.

водных объектов, расположенных в северной части Ненецкого автономного округа (НАО). Кроме того, были составлены карты распределения основных типов растительного покрова в пределах водоохранных зон (далее – ВЗ) в виде ГИС-проекта. Детальное обследование растительного покрова для исследуемых территорий ВЗ проведено впервые.

Материалы и методы

В соответствии со статьей 65 Водного кодекса РФ, водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира (Водный кодекс ..., 2006).

Работы проводили в 2015 и 2016 годах в черте водоохранных зон водных объектов северной части НАО (зона тундр). Изучали участки ВЗ объектов в окрестностях поселков Амдерма и Каратайка и на территории лицензионного участка нефтяного месторождения имени Р. Требса к югу от пос. Варандей (рис. 1).

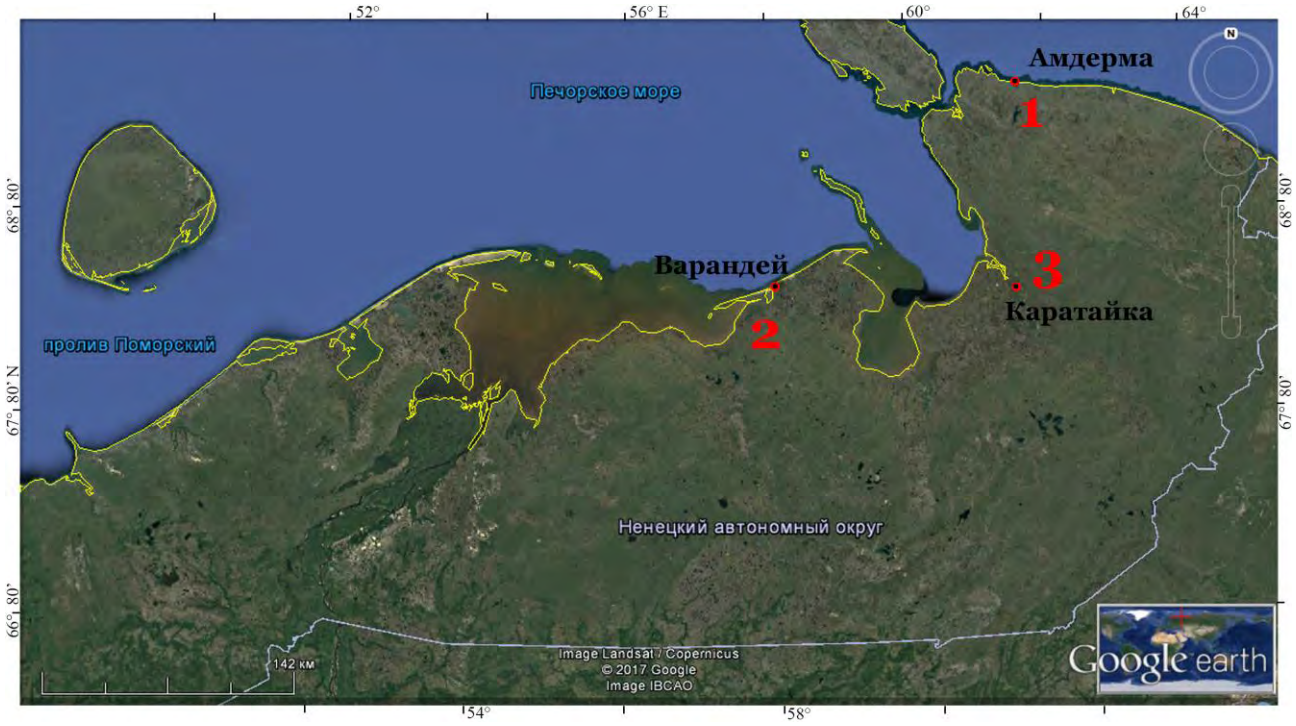


Рис. 1. Район исследований: 1 участок – окрестности пос. Амдерма: рр. Амдерма, Крестовая, Средняя, Амдерматане, Паймояха, оз. Большое Тоинто; 2 участок – лицензионный, окрестности месторождения им. Р. Требса: рр. Пярцор-яга, Варкнив-яга, Хараюнко, Няндангосё, Малая Сырапензя, р. Без названия; 3 участок – окрестности пос. Каратайка; р. Янгарей. **Fig. 1.** Study area: 1st site – Amderma settlement vicinage: Amderma, Krestovaya, Amdermatane, Paimoyakha rivers, Bolshoe Tointo Lake; 2nd site – license plot of oilfield named after R. Trebs: Pyartsor-yaga, Varkniv-yaga, Kharayunko, Nyandangosye, Malaya Syrapenzya rivers, unnamed river; 3rd site – Karataika settlement vicinage: Yangarey river.

Данные территории представляют собой как условно естественные местообитания, так и нарушенные участки (месторождения, поселения, пастбища). Были обследованы ВЗ 13 водных объектов. Также использованы данные полевых работ: географически привязанные геоботанические описания профилей и площадок как фоновых, так и поврежденных участков вблизи антропогенных объектов в черте ВЗ. Всего описано 1187 опорных точек (из них выполнено 235 описаний растительности: первый участок – 452 точки, второй – 693, третий – 21 (номера участков и название водных объектов даны на рисунке 1). При составлении геоботанических описаний растительных сообществ для верификации ДДЗЗ основное внимание уделили таким характеристикам растительного покрова, которые могут оказывать влияние на его спектральные характеристики (тип сообщества, список видов, фенологические фазы доминантов и субдоминантов, проективное покрытие доминантов и субдоминантов (занимающих более 5% проективного покрытия), аспекты, присутствие повреждений растительного покрова с указанием возможных причин). Также составили описания местоположений тестовых площадок на местности (дополнительно к координатам). При классификации растительных сообществ за основу приняли доминантную классификацию (Миркин, Наумова, 2012, 2014).

В работе использованы материалы аэрофотосъемки, осуществленной с борта вертолета фотокамерами Canon 500D и Canon 5D Mark II, и спутниковые данные разного пространственного разрешения. Снимки высокого разрешения (0.5-2 м/пкс) получены аппаратами WorldView-1, сканер WV60 (черно-белый, видимый диапазон λ=0.45÷0.9 нм) на территории окрестностей пос. Амдерма и Каратайка; и аппаратом WorldView-2, сканер WV2 (черно-белый, λ=0.45÷0.8 нм); многоканальный, 8 каналов – видимый-ближний инфракрасный диапазон (λ=0.4÷1.04 нм), на территории окрестностей месторождения им. Р. Требса. Также использовали данные свободного доступа среднего пространственного разрешения. Провели анализ данных аппарата Sentinel-2A, сканер MSI (многоканальный, 13 каналов: видимый – коротковолновый инфракрасный диапазон, λ=0.4÷2.3 нм, пространственное разрешение 10, 20 м), полученные с сайта Европейского Космического Агентства (2017), и данных аппарата Landsat 8, сканер OLI (черно-белый, λ=0.5÷0.7 нм; многоканальный, 8 каналов – видимый и коротковолновый ИК диапазон, λ=0.4÷2.3 нм, разрешение 15, 30 м), полученных с сайта Геологической службы США (2017). ДДЗЗ высокого разрешения относятся к периодам проведения полевых работ (конец августа, сентябрь и начало октября), а часть изображений аппарата World-View-1 – к началу июня. ДДЗЗ среднего разрешения относятся к различным датам вегетационного сезона 2015 и 2016 гг.

На основе полевых данных, данных аэрофотосъемки и оптических спутниковых данных среднего и высокого пространственного разрешения выполнили анализ и картографирование растительного покрова ВЗ. Для составления карт провели автоматическую классификацию спутниковых многоканальных изображений различными методами.

Ввиду того что общая площадь ВЗ достаточно существенна, мы применили автоматизированные методы обработки ДДЗЗ. Использовали метод автоматической классификации с обучением (Congalton, 1991; Plourde, Congalton, 2003; Remote Sensing …, 2006) в программе ArcGis 10.2. Кроме того, применили метод автоматической классификации спутниковых снимков по тематическим индексам арифметики каналов для многоканальных снимков и комбинирование черно-белых спутниковых изображений с многоканальными данными среднего пространственного разрешения. Использовали следующие индексы: нормализованный разностный водный индекс MNDWI, вегетационные индексы – нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI и взвешенный разностный вегетационный индекс WDVI, нормализованный разностный индекс застройки NDBI (рис. 2).

Расчет водного индекса MNDWI производится по формуле:

$$MNDWI=(GR–SWIR)÷(GR+SWIR) \quad (1),$$

где GR – спектральная яркость в диапазоне длин волн 510-600 нм (зеленый диапазон), SWIR – спектральная яркость в диапазоне 1500-1600 нм (коротковолновый инфракрасный диапазон).

Нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI рассчитывается по формуле:

$$NDVI=(NIR–RED)÷(NIR+RED) \quad (2),$$

где NIR – спектральная яркость в диапазоне 760-900 нм (ближний инфракрасный диапазон), RED – спектральная яркость в диапазоне 640-700 нм (красный диапазон).

Взвешенный разностный вегетационный индекс WDVI рассчитывается по формуле:

$$WDVI=NIR–g•RED \quad (3),$$

где g – угловой коэффициент почвенной линии в координатной плоскости (NIR; RED).

Индекс застройки NDBI рассчитывается по формуле:

$$NDBI=(SWIR–NIR)÷(SWIR+NIR) \quad (4).$$

Индексы NDVI и NDBI применяли для анализа влияния деятельности человека на экосистемы ВЗ.

Рис. 2. Общая схема обработки ДДЗЗ. **Fig. 2.** Flowchart of remotely sensed data processing.

Классификацию полученных карт индексов проводили пороговым методом. Пороговые значения индексов определяли на основе данных полевых подспутниковых обследований. После проведения классификации снимков среднего разрешения выбирали те классы, которые имели низкую точность выделения на снимках высокого разрешения, и из серии классифицированных изображений среднего разрешения (летний период) выбирали те, где эти классы определялись с более высокой точностью, и проводили комбинирование с классами, выделенными по ДДЗЗ высокого разрешения (рис. 3).

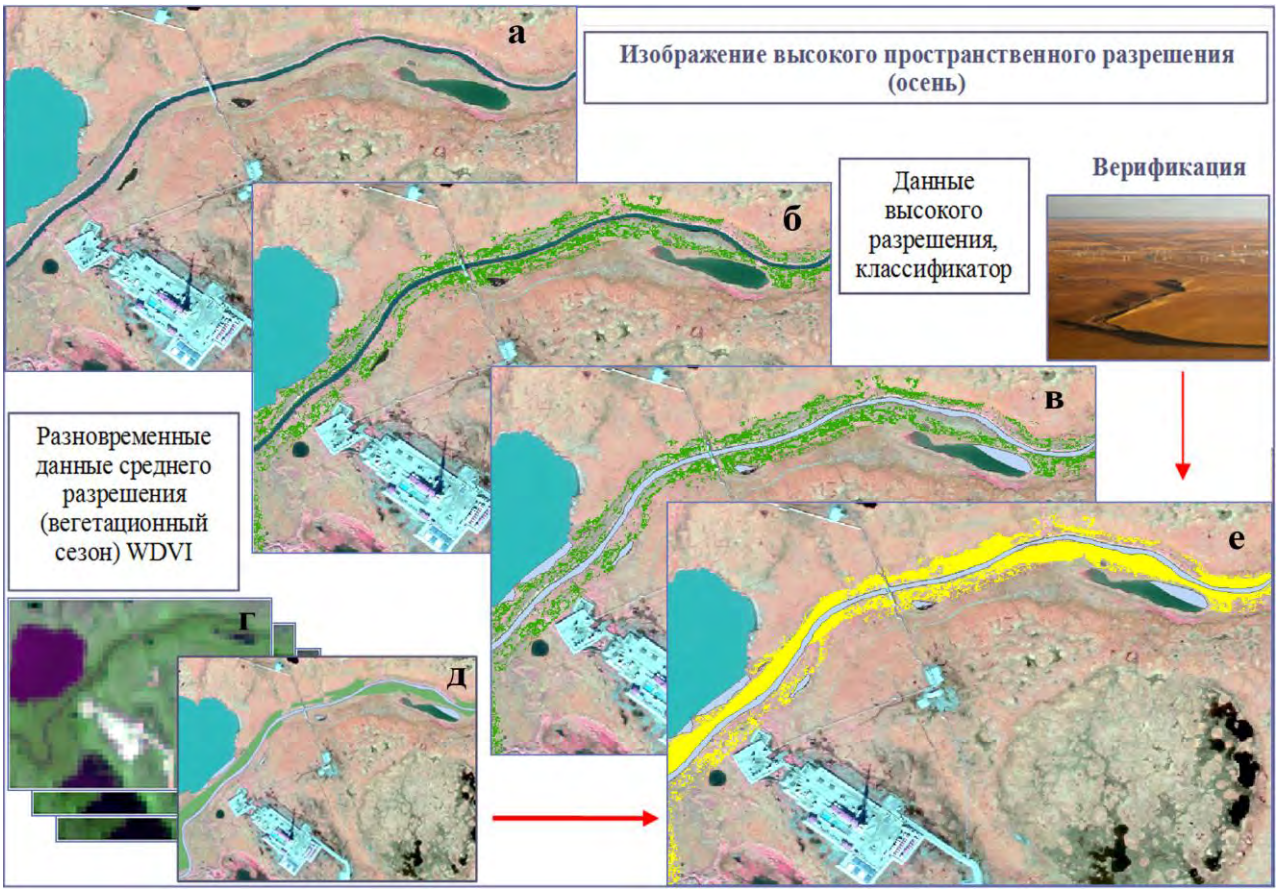


Рис. 3. Пример создания карт распространения сообществ *Betula nana* на базе комбинации спутниковых данных высокого и среднего пространственного разрешения на участке ВЗ р. Хараюнко, где была получена высокая ошибка упущения при классификации снимка высокого разрешения: а – исходный снимок высокого разрешения, б – выделение сообществ *Betula nana* в черте ВЗ (классификатор, снимок высокого разрешения), в – добавление маски водных объектов (на базе индекса MNDWI), г – выделение сообществ *Betula nana* на разновременных летних снимках среднего разрешения на базе индекса WDVI, д – наложение наиболее точно классифицированного слоя на снимок высокого разрешения, е – совмещение слоев на базе обоих снимков и верификация окончательного результата. **Fig. 3.** Example of the map creation algorithm for *Betula nana* communities, made on the basis of combined satellite data of high and medium spatial resolution (water protection zone (WPZ) of the Harayunko River, in which a high omission error was produced by the high-resolution image classification): a – original high-resolution image, б – delineation of *Betula nana* communities in the WPZ (classifier, high resolution image) – addition of a water body mask (based on the MNDWI index), г – delineation of *Betula nana* communities in summer multi-temporal medium resolution imagery on the basis of the WDVI index, д – overlaying of the most precisely classified medium resolution layer on the high-resolution image, e – combination of layers created on the basis of both images and validation of the final result.

Результаты и обсуждение

1. Полевые данные о растительном покрове. Преобладающие фитоценозы

Полевые данные показали, что растительный покров долин рек в пределах обследованных участков ВЗ имеет много общих черт.

Коренные (условно ненарушенные или слабо нарушенные) фитоценозы обследованных

территорий представлены большей частью типичными сообществами арктических тундр, среди которых мы выделили несколько основных типов. **Кустарниковые ивняки** (в основном *Salix phylicifolia* L.*, S. glauca* L.*, S. lanata* L.*, S. lapponum* L.) по высоте в некоторых районах достигали 1.8 м. **Ерники** (сообщества *Betula nana* L., которые также изредка могут включать небольшие участки с моховым покровом и кустарничками в нижних ярусах) на некоторых участках имели высоту от 15 см. **Низкие травяно-моховые ивняки** (включают б.ч. кустарники до 50 см высотой и стланики *Salix pulchra* Cham.*, S. glauca* L.*, S Myrtilloides* L.*, S. myrtillis, S. myrsinites, S. arctica* Pall.*, S. polaris* Wahlenb.) с различными видами мхов в нижнем ярусе. **Сфагново-травяно-кустарничковые:** *Salix nummularia* Andersson*, S. reticulata* L., *Vaccinum uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Empetrum* sp.*, Arctous alpina* (L.) Nied.; местами – *Andromeda polifolia* L.*, Ledum decumbens* (Aiton) Lodd. ex Steud. **Сфагновые:** сообщества *Sphagnum* spp., где наиболее массовыми, как правило, являются виды *S. fuscum* (Schimp.) H. Klinggr.*, S. balticum, S. Capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *S. russowii* Warnst. **Зеленомошные, злаково-осоковые**: наиболее массовые среди злаков – представители *Festuca* spp., *Poa* spp., *Alopecurus alpinus* L., местами – *Avenella flexuosa* (L.) Drejer; среди осок – *Carex arctisibirica* (Jurtzev) Czerep., *C. rotundata* Wahlenb. *C. rariflora* (Wahlenb.) Sm. Состав зеленых мхов, как правило, чрезвычайно разнообразен. Чаще других были отмечены *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.*, Polytrichum* spp.*, Tomentypnum nitens* (Hedw.) Loeske, *Drepanocladus s.l.*, *Calliergon* sp., *Pogonatum* sp., *Aulacomnium* spp. **Разнотравно-осоково-моховые** с преобладанием *Rubus chamaemorus* L., *Comarum palustre* L., *Polemonium* sp., *Equisetum palustre* L., *Dryas* sp., *Carex arctisibirica*, *C. rotundata*, *C. rariflora*. **Осоковые** могли включать как представителей семейства: *Eriophorum angustifolia* Hoppe, *E. scheuchzeri* Hoppe, *Carex arctisibirica*, *C. aquatilis* Wahlenb., *Carex cespitosa* L., *Trichophorum cespitosum* (L.) Hartm., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla и др., так и ежеголовниковых (представители *Sparganium*) и ситниковых (*Juncus atrofuscus* Rupr.). **Нефромово-кустарничковые:** листоватые лишайники с преобладанием *Nephroma arcticum* (L.) Torss., кустарнички – преимущественно *Vaccinum uliginosum*, *V. vitis-idaea*. **Кладониево-цетрариевые с кустарничками:** преобладают различные представители родов *Cladonia*, чаще – *C. rangiferina* (L.) Weber ex F.H. Wigg., *C. stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda. **Ежеголовниковые** (преимущественно представители рода *Sparganum*) занимают, как правило, небольшие околоводные участки и мелководья.

Сообщества с участием сфагновых мхов отмечены преимущественно в черте ВЗ рек окрестностей месторождения им. Р. Требса, тогда как фитоценозы, в состав которых входят зеленые мхи, более характерны для остальных обследованных территорий.

В районе исследования речные долины с пологими бортами, как правило, были заняты низкими ивняками, *ивково-травяно-моховыми,* реже *ерниками (с зелеными или сфагновыми мхами в нижнем ярусе),* у воды отмечены большей частью *осоковые* фитоценозы, у верхней части – *кустарничково-лишайниковые*. Для долин с крутыми бортами и скальными выходами характерны разнотравно-осоково-моховые фитоценозы *с кустарниками в понижениях, мхи в основном зеленые, реже сфагновые,* низкие ивняки, кустарниковые ивняки, ерники. *Марши* (периодически затапливаемые морем территории) отмечены в пределах обследованных ВЗ в северной части участка 2 – окрестности месторождения им. Р. Требса (северная часть ВЗ р. Пярцор-Яга, где ее долина выполаживается, ВЗ р. Няндангосё, приустьевая часть ВЗ р. Хараюнко, что согласуется с литературными данными (Лавриненко, 2012). Здесь отмечены в основном *сфагновые или сфагново-травяно-кустарничковые* фитоценозы. Нефромово-кустарничковые сообщества приурочены в основном к участкам с мелкобугристым рельефом.

Состав фитоценозов, *нарушенных* в результате естественных русловых и эрозионных процессов или антропогенного воздействия, существенно отличался от состава коренных фитоценозов, а разнообразие типов нарушенных фитоценозов было существенно ниже.

Отмечены **гравилатовые** (*Geum rivale*), осоково-дягилевые (крупные осоки – в основном *Carex aquatilis, C. cespitosa*, *Archangelica officinalis*), **осоково-чемерицевые** (*Carex arctisisibirica, C. cespitosa*, *Veratrum lobelianum*), **вейниковые** (преимущественно *Calamagrostis neglecta*), **осоково-дягилевые** (*C. cespitosa*, *Archangelica officinalis* Hoffm.), **пушициевые** (*Eriophorum scheuchzeri*), **злаково-разнотравные** (как правило, с доминированием *Alopecurus alpinus* Sm., *Festuca rubra* L., видов *Poa*, *Achillea millefolium*). Гравилатовые, осоково-дягилевые сообщества б.ч. приурочены к участкам, где отмечено проявление естественных эрозионных процессов (стенки отрыва, побочни и другие территории, освободившиеся от растительности естественным образом). Остальные типы фитоценозов отмечены преимущественно на территориях, подверженных в прошлом воздействию человека, причем первые три типа растительных сообществ приурочены к более сухим участкам, чем прочие, и реже приурочены к рудеральным местообитаниям естественного происхождения.

Было также установлено, что коренные сообщества обследованных территорий составляют преимущественно виды стресс-толеранты по классификации Дж.Ф. Грайма (Grime, 1977). Из 142 массовых видов (по обилию, занимающих более 5% проективного покрытия) 132 вида или 93% можно отнести к типичным стресс-толерантам, а остальные 7% – к промежуточной группе конкурентов-рудералов, т.е. видам, достаточно массово заселяющим нарушенные местообитания в процессе восстановительной сукцессии, но редким в климаксных коренных тундровых фитоценозах. Ареал таких видов далеко выходит за пределы зоны арктических тундр.

2. Автоматическая классификация с обучением многоканальных изображений высокого пространственного разрешения окрестностей месторождения им. Р. Требса (данные аппарата WorldView-2)

Классификация с обучением многоканальных снимков высокого разрешения позволила получить важную информацию о распределении большинства характерных для района исследования растительных сообществ в черте обследованных ВЗ в окрестностях месторождения им. Р. Требса (рис. 4). Полученные при анализе спутниковых снимков классы растительности достаточно хорошо совпадали с теми, что были выделены при полевых работах. Общая точность классификации по обследованным ВЗ варьировала в пределах от 79.5% до 84.4%. По ряду отдельных классов была получена также достаточно высокая точность (табл. 1). В то же время точность определения некоторых классов оказалась достаточно низкой. Так, при классификации использованных снимков была велика ошибка упущения для кустарников, и особенно для ивняков. Для ерников же дополнительно могла наблюдаться обратная тенденция (увеличение ошибок переоценки).

Низкая точность выделения, полученная для класса кустарниковых ив, объясняется тем, что осенью значительная их часть имела сухие, опавшие или пожелтевшие листья. Ерники в некоторых местах также закончили вегетацию. Помимо этого при проведении обследований в поле были обнаружены и участки с очень низкими ерниками (15-20 см высотой), которые постепенно сменяются другими типами фитоценозов, например, мохово-стланиковыми или лишайниково-кустарничковыми сообществами. Такие ерники часто встречаются в наиболее северных частях района исследований, о чем говорят полевые данные. Они плохо отличались на осенних снимках от кустарничково-моховых сообществ (ивково-моховых, голубичных, или арктоусовых сообществ), локализованных на бровках и бортах долин, так как растения к моменту проведения работ имели б.ч. листву в осенней окраске, как и *Betula nana*.

Рис. 4. Карта растительности участка ВЗ р. Паймояха, ВЗ р. Няндангосё и окрестностей, полученная на базе автоматической классификации с обучением многоканального снимка WorldView-2. **Fig. 4.** Plant cover map of the Paimoyakha River WPZ, Nyandangosyo River WPZ, and the surrounding area, created by automatic supervised classification of multispectral WorldView-2 image.

Изменение цвета листвы и снижение активности фотосинтеза при переходе к периоду зимнего покоя снижает возможности классификации и ведет как к увеличению ошибок упущения, так и переоценки (Зимин и др., 2014). Помимо этого при классификации возникали проблемы с выделением других классов растительности (точность 60-70%): низких ивняков, осоково-мохово-разнотравных и мохово-злаково-осоковых сообществ (табл. 1). Несмотря на то что последний тип сообществ широко распространен на всей территории исследования, у таких сообществ затруднительно определить четкие границы даже в поле, особенно в осенний период, когда ряд доминирующих видов переходит к состоянию зимнего покоя или оканчивает вегетацию. Например, злаки и многие мелкие осоки уже почти не вегетируют, поэтому сообщества с их участием не всегда возможно отличить при автоматической классификации снимков от других сообществ с участием зеленых или белых мхов. На участках с выраженным рельефом точность классификации могла также падать из-за густых теней на бортах речных долин и оврагов с V-образным профилем.

Как видно на примере данных из таблицы 1, наиболее высокая точность выделения получена для водных объектов и участков без растительности. Однако сфагновые сообщества также выделяются с достаточно высокой точностью, а на некоторых участках и осоковые (гидрофильные) фитоценозы, поскольку даже в сентябре они достаточно активно

вегетируют, что в целом типично для гигрофитов (Козлова, 2010). Довольно высокая точность выделения была получена также для сообществ наиболее сухих местообитаний в пределах ВЗ (бровок речных долин), где отмечены преимущественно лишайниково-кустарничковые сообщества, особенно те, в которых значительную долю составляют вечнозеленые кустарнички *Empetrum* sp., *Ledum decumbens, Vaccinum vitis-idaea*, а не листопадные, такие, как *Arctous alpina* и/или *Vaccinum uliginosum*.

Таблица 1. Точность автоматической классификации многоканального снимка аппарата WorldView-2 на участке ВЗ р. Пярцор-яга. **Table 1.** The accuracy of the automatic WorldView-2 multispectral image classification. WPZ of the Pyartsor-yaga river.

Типы фитоценозов	Точность пользователя, %	Точность классификатора, %
Кустарниковые ивняки	71.4	**52.6**
Ерники	68.2	78.9
Низкие травяно-моховые ивняки	70.4	76.0
Сфагново-травяно-кустарничковые	77.8	70.0
Сфагновые	95.8	95.8
Разнотравно-мохово-осоковые	70.6	92.3
Мохово-злаково-осоковые	63.6	70.0
Лишайниково-кустарничковые	90.9	71.4
Сообщества представителей сем. осоковых	69.2	81.8
Участки, лишенные растительности	96.9	91.2
Вода	96.3	96.4
Общая точность	**82.2**	

По полученным результатам можно заключить, что снижение точности классификации некоторых типов растительных сообществ происходит потому, что их доминирующие виды переходят (или перешли) к состоянию зимнего покоя и, таким образом, утратили специфику своей отражательной способности. Поэтому осенние снимки могут быть использованы для уверенного выделения лишь отдельных типов фитоценозов в тундрах ВЗ рек НАО.

Точность выделения открытой воды на осенних снимках была достаточно высока, т.к. береговые линии ряда водных объектов в этот период меньше маскируются гигрофитной растительностью, чем летом. Причем точность выделения удавалось повысить за счет использования индекса MNDWI, который селективно увеличивает контраст между открытой водной поверхностью и прочими объектами и успешно применяется в мировой практике (Xu, 2006; Zhang et al., 2012; Gautam et al., 2015). Например, для обсуждаемого участка точность повысилась до 98.7% (точность пользователя) и 98.2% (точность классификатора).

3. Применение многоканальных снимков среднего пространственного разрешения для улучшения результатов автоматической классификации растительного покрова

Чтобы улучшить качество автоматической классификации, мы использовали ряды спутниковых оптических изображений среднего пространственного разрешения, относящихся к различным датам вегетационного сезона 2015 и 2016 гг. В первую очередь эти данные мы применили к тем классам, для которых по снимкам аппарата WorldView-2 получили низкую точность классификации (70% и ниже) за счет осеннего снижения

активности вегетации доминирующих видов. Точность при выделении каждого класса различалась в зависимости от времени получения снимка. Помимо автоматической классификации с обучением для выделения некоторых растительных сообществ, например, кустарниковых ив, использовали индекс WDVI, который в ряде случаев давал наилучшие показатели точности (табл. 2). WDVI является чувствительным индексом, использующим почвенные линии. Он активно применяется рядом исследователей для разделения разных типов растительного покрова по многоканальным оптическим снимкам (Clevers, 1991; Srinivas et al., 2004).

Комбинация результатов автоматической классификации спутниковых снимков высокого и среднего пространственного разрешения дала хороший результат. Это позволило заполнить существенную часть пробелов в данных высокого пространственного разрешения, возникших при использовании снимков, выполненных в конце вегетационного периода, когда на кустарниках облетела листва, и элиминировать значительную часть ошибочно классифицированных пикселей (табл. 2).

Таблица 2. Максимальная точность классификации по ДДЗЗ среднего разрешения для классов, для которых получена низкая точность выделения по осеннему снимку высокого разрешения для ВЗ р. Пярцор-яга. **Table 2.** Maximum classification accuracy calculated in the medium resolution satellite images in the classes for which low classification accuracy was received in autumn high resolution image. The Pyartsor-yaga River WPZ.

Типы фитоценозов	Дата снимка	Метод	Точность пользователя, %	Точность классификатора, %
Кустарниковые ивняки	05 июля 2016	WDVI	80.1	82.3
Ерники	17 сентября 2015	WDVI	85.2	83.4
Низкие ивняки	15 августа 2016	Классиф.	79.1	79.5
Сфагново-травяно-кустарничковые	05 июля 2016	Классиф.	87.0	86.7
Мохово-злаково-осоковые	30 июля 2016	WDVI	91.2	93.3

4. Комбинация многоканальных снимков среднего пространственного разрешения и черно-белых спутниковых изображений для картографирования ВЗ водных объектов окрестностей поселков Амдерма и Каратайка

Для ВЗ рек в окрестностях пос. Амдерма и Каратайка пришлось применять только многоканальные ДДЗЗ среднего пространственного разрешения, а имеющиеся черно-белые снимки высокого разрешения использовать как дополнительные данные для верификации снимков среднего разрешения вместе с полевыми данными. Полученная точность автоматической классификации была несколько ниже, чем при совместном использовании многоканальных снимков разного пространственного разрешения (табл. 3), и составила от 86.1 до 93.4% (точность пользователя и точность классификатора).

В результате проведенные работы показали, что, хотя верификация данных о характере растительного покрова по черно-белым изображениям можно проводить без многоканальных ДДЗЗ высокого разрешения, изображения начала лета и осеннего периода

позволяют достоверно идентифицировать лишь кустарниковые фитоценозы, в то время как основное разнообразие фитоценозов сосредоточено в других типах сообществ.

Таблица 3. Точность автоматической классификации снимка, полученного аппаратом Sentinel-2A участка ВЗ р. Янгарей 6 августа 2016 г. **Table 3.** The accuracy of automatic classification of the Sentinel-2A image acquired on 06 August, 2016. WPZ of the Yangarey river.

Типы фитоценозов	**Точность пользователя, %**	**Точность классификатора, %**
Кустарниковые ивняки	81.3	82.2
Ерники	88.2	77.8
Низкие травяно-моховые ивняки	77.5	80.3
Сфагново-травяно-кустарничковые	72.7	80.3
Сфагновые	96.3	94.7
Разнотравно-мохово-осоковые	73.5	82.4
Мохово-злаково-осоковые	79.8	72.2
Лишайниково-кустарничковые	91.8	80.4
Сообщества представителей сем. осоковых	83.2	92.6
Участки, лишенные растительности	96.1	94.2
Вода	97.1	95.3
Общая точность	**90.1**	

Используя автоматическую классификацию многоканальных снимков среднего разрешения, нам удалось оценить площадь кустарниковых сообществ (табл. 4). Особенно низкая площадь кустарников отмечена в ВЗ рек окрестностей пос. Амдерма, где кустарниковые сообщества отмечены большей частью по ложбинам и оврагам, что подтверждено и полевыми данными (рис. 5).

Было показано, что в черте ВЗ рек, которые в пределах обследованных территорий протекают в меридиональном направлении (с юга на север), отмечено большее разнообразие растительных сообществ, а в большинстве долин рек, протекающих в широтном направлении, разнообразие меньше, но больше доля кустарниковых сообществ. Кустарники часто растут в понижениях рельефа бортах долин, оврагов, склонах ортогональных ложбин, ассоциированных с буграми пучения и пр. Все указанное выше согласуется с полевыми данными и данными аэрофотосъемки (рис. 5). Высокие (до 1 8 м) кустарниковые ивняки присутствовали в основном в наиболее южных частях исследованного района. Для наиболее северных районов ВЗ водных объектов окрестностей месторождения им. Р. Требса, а также окрестностей пос. Каратайка, характерны преимущественно низкие кустарники (обычно ерники) или стланики и кустарнички, погруженные в моховый покров. В черте ВЗ водных объектов в окрестностях пос. Амдерма была отмечена особенно низкая площадь кустарниковых сообществ по сравнению с другими районами исследования.

5. Картографирование участков с нарушенным растительным покровом при помощи ДДЗЗ

ДДЗЗ разного разрешения позволяют фиксировать нарушения растительного покрова и оценить антропогенный вклад в эти нарушения. Автоматическая классификация спутниковых снимков дает возможность выявить участки со сниженной активностью вегетации и участки, лишенные растительного покрова (рис. 6).

Таблица 4. Площади кустарниковых сообществ в черте обследованных ВЗ, полученные по результатам обработки многоканальных и черно-белых ДДЗЗ разного пространственного разрешения. **Table 4.** Shrub community areas in the WPZs under study, calculated on the basis of the multispectral and panchromatic satellite imagery of different spatial resolution.

Водный объект, параметр водоохранной зоны	**Кустарниковая растительность**	**Прочее**	**Водный объект, параметр водоохранной зоны**	**Кустарниковая растительность**	**Прочее**
	S, км^2 (S, %)	**S, км^2 (S, %)**		**S, км^2 (S, %)**	**S, км^2 (S, %)**
р. Амдерматане, 50 м	0.0054 (2.18)	0.2412 (97.36)	р. Пяцор-Яга, 200 м	1.447 (12.96)	11.1677 (76.31)
р. Паймояха (Паймо-Яга), 100 м	0.0297 (1.78)	1.5561 (93.16)	р. Няндагосё, 100 м	0.0485 (2.10)	2.31 (85.24)
р. Крестовая, 100 м	0.0045 (0.34)	1.3076 (99.66)	р. Варкнив-Яга, 100 м	0.5156 (27.8)	1.1422 (61.61)
р. Средняя, 50 м	0	0.1665 (95.49)	р. Малая Сырапензя	0.1186 (16.49)	0.7193 (84.32)
р. Амдерма, 100 м	0.009 (0.35)	0.2412 (98.98)	р. Без Названия, 50 м	0.0497 (13.45)	0.3696 (86.51)
оз. Большое Тоинто, 50 м	0.0288 (1.5)	1.886 (98.5)	р. Хараюнко, 100 м	0.1882 (31.57)	0.3239 (54.35)
р. Янгарей, 200 м	0.18 (7.25)	2.4048 (96.84)			

Совместное использование тематических индексов (выявляющих постройки, растительность или участки открытой водной поверхности) позволяет анализировать причины сниженной активности вегетации. За счет дополнительного применения индекса MNDWI на обследованных территориях оказалось возможным идентифицировать не только водные объекты, но также затопленные и подтопленные участки вблизи хозяйственных объектов, часто обнаруживаемые при полевых обследованиях, и нередко занимаемые осоковыми фитоценозами (рис. 7). Применение индекса NDVI также позволяет выявить сильно поврежденные фитоценозы, участки без растительности, но дает более высокий контраст между активно вегетирующими участками и всеми остальными, чем классификация с обучением (Lumbuenamo, 1990), поэтому NDVI может быть использован для оценки степени повреждений фитоценозов, (Tutubalina, Rees, 2001). В нашей работе наибольший контраст между нарушенными и ненарушенными участками давал индекс NDVI, рассчитанный по летним снимкам аппарата Sentinel-2A по всему исследованному району (рис. 8). По низким значениям NDVI удавалось идентифицировать повреждение растительности за счет многократного проезда гусеничного транспорта по тундре, затопления и подтопления территорий вдоль многих хозяйственных объектов, а также осоковые фитоценозы, приуроченные к таким переувлажненным участкам.

Для анализа характера распределения этих участков по снимкам разного разрешения были выделены хозяйственные объекты. Для черно-белых снимков было проведено выделение хозяйственных объектов по участкам с максимальной яркостью пороговым методом, а для многоканальных снимков рассчитан нормализованный индекс застройки

NDBI. Несмотря на то, что часто индекс NDBI дает относительно невысокую точность классификации, он позволяет, среди прочих, выделять пиксели, соответствующие различным объектам антропогенного происхождения за счет использования коротковолновых инфракрасных каналов (Basso et al., 2004; Xu, 2007; Li, Liu, 2008; He et al., 2010), тогда как применение классификации с обучением многоканальных снимков в подобных случаях не давала достоверного результата. Благодаря расчетам NDBI, удалось выявить трубопроводы, кусты скважин, жилую застройку, дороги с покрытием и другие постройки (рис. 8).

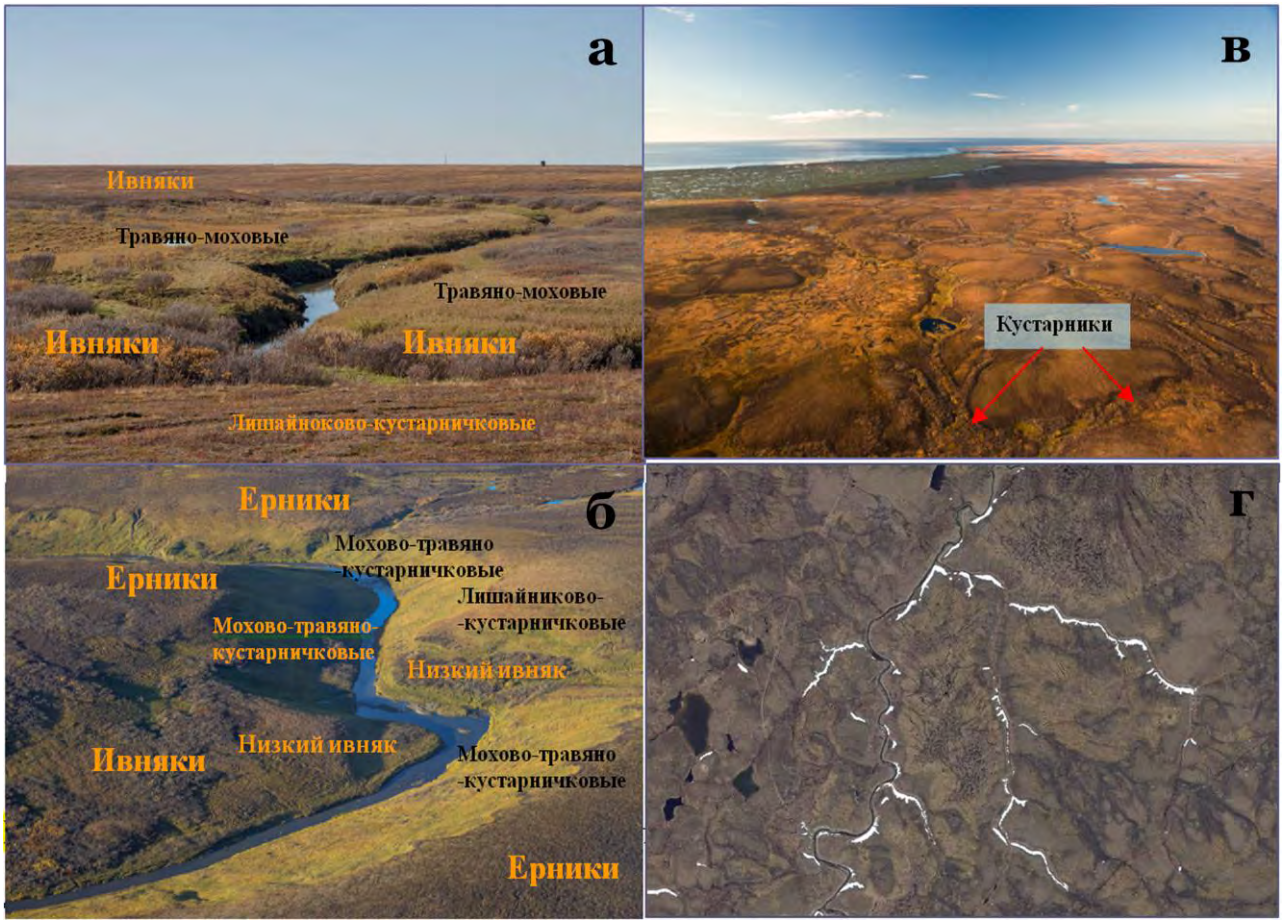


Рис. 5. Пространственное распределение растительных сообществ по полевым данным и данным аэрофотосъемки, и его связь с распределением наиболее длительно сохраняющегося снежного покрова: а – плоская долина с пологими бортами; б – V-образная долина; в – долина, расположенная по соседству с буграми пучения и кустарники, растущие в ложбинах и на бортах долины; г – распределение снежного покрова в весенний период. **Fig. 5.** In-situ spatial distribution of plant communities based on the field data and the aerial photography, and its relationship with the distribution of the most long-standing snow cover: a – flat valley with gently sloping sides, б – V-shaped valley, в – valley adjacent to the hydro-laccoliths, the shrubs growing in the gullies and on the sides of the valley; г – distribution of snow cover in the spring.

Было показано, что для обследованных территорий даже ДДЗ среднего разрешения позволяют выявить объекты антропогенного происхождения с точностью до 70-85% для разных участков. Наиболее высокая точность выделения по NDBI получена для снимков Sentinel-2A, как и по индексу NDVI. Очевидно причина в том, что пространственное разрешение этих снимков, с одной стороны, позволяет различать отдельные объекты, а с

другой стороны, тени оказывают меньше влияние на яркость отдельных пикселей одного и того же объекта и, следовательно, на точность определения. Пример участка финальной карты, полученной с применением различных тематических индексов, приведен на рисунке 9.

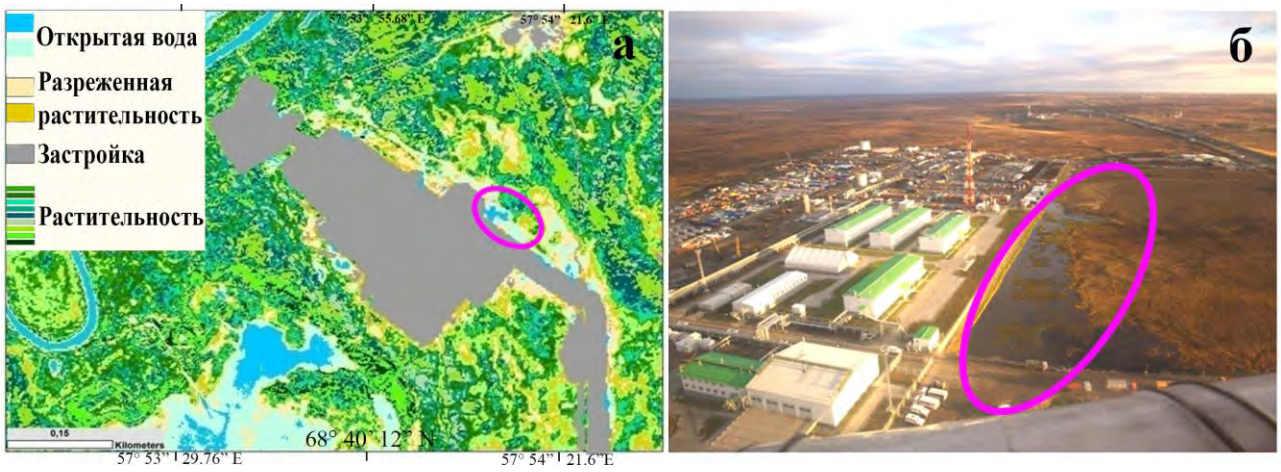


Рис. 6. Затопление и подтопление территорий (обведено), примыкающих к хозяйственным объектам, и нарушение растительного покрова вблизи них: а – результат автоматической классификации снимка WorldView-2, б – аэрофотосъемка. **Fig. 6.** Inundated and under-flooded areas (circled), adjacent to the build-up, and damaged plant cover near them. a – result of the automatic classification of the WorldView-2 image, б – aerial photography.

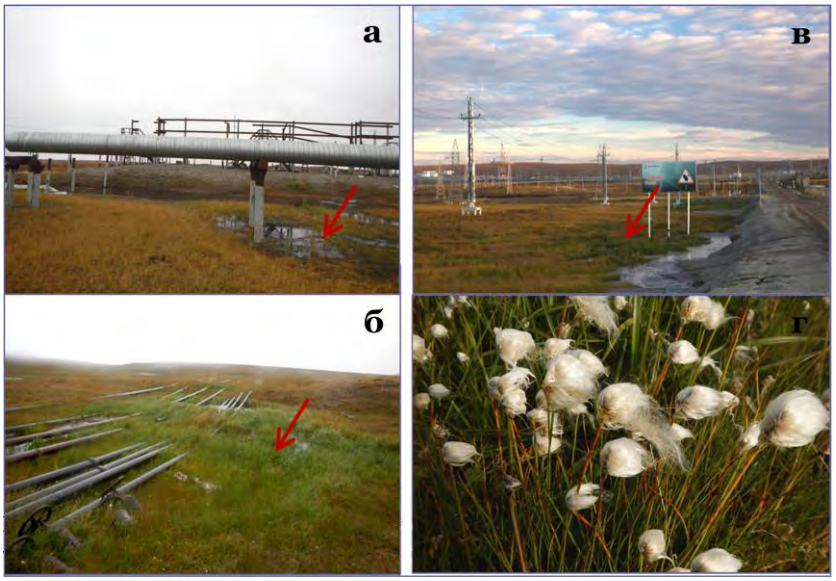


Рис. 7. Осоковые фитоценозы (сообщества *Eriophorum scheuchzeri*) на подтопленных территориях, примыкающих к хозяйственным объектам (стрелки): а, б – разные степени зарастания заболоченных участков у трубопроводов; в – осоковые сообщества у обочины дороги с покрытием; г – плодоносящие растения. **Fig. 7.** Sedge phytocenoses (communities of *Eriophorum scheuchzeri*), in the damaged, under-flooded areas adjacent to the economic objects (arrows): а, б – different degrees of the overmoistened area overgrowth near the pipelines; в – sedge community on the roadside; g – fruiting plants.

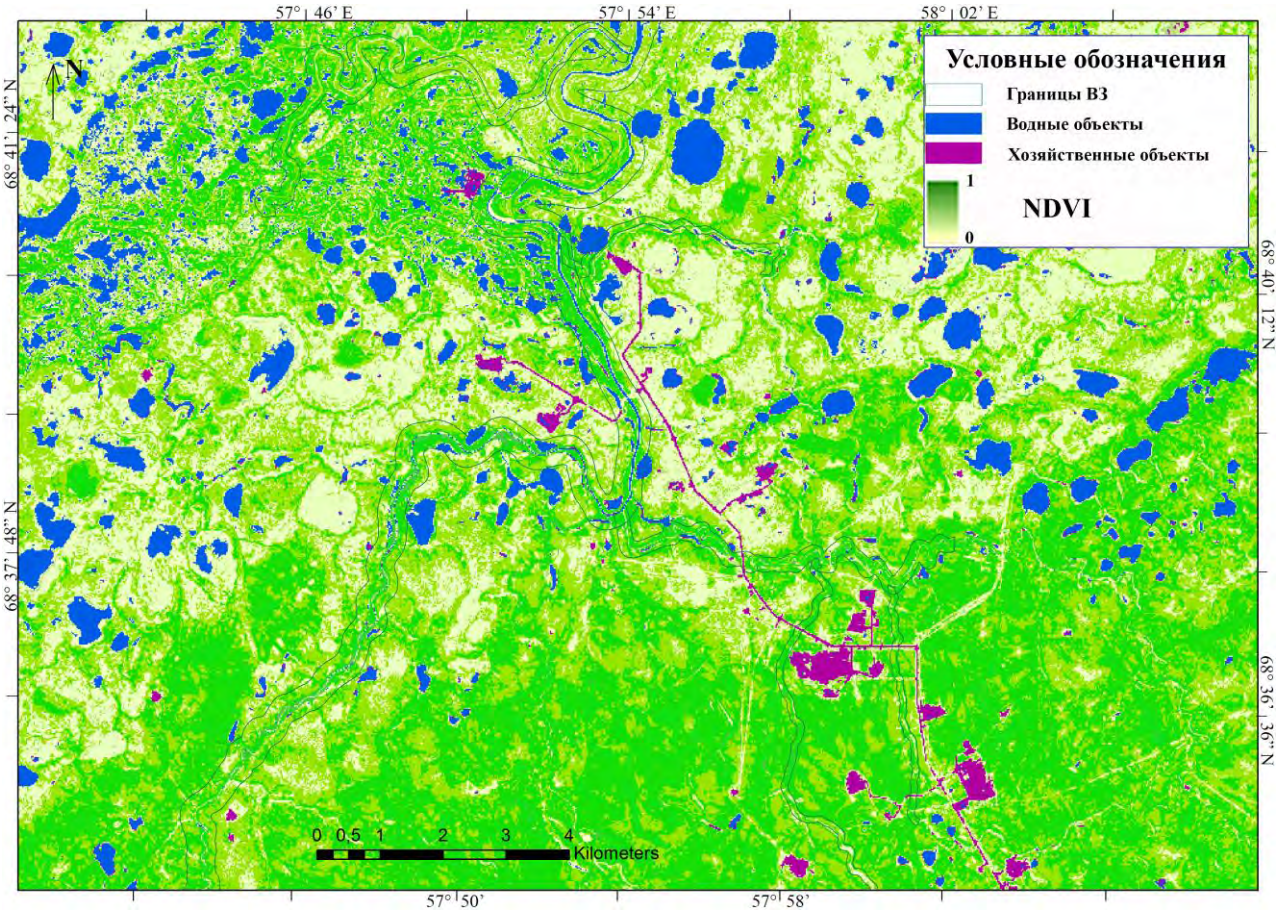


Рис. 8. Выделенные на базе тематических индексов (по NDBI – хозяйственные объекты, по NDVI – растительность и ее состояние, по MNDWI – водные объекты) различные типы земной поверхности на снимке Sentinel-2A (08 августа 2016 г.). **Fig. 8.** Different types land cover selected on the basis of the thematic indices (economic objects (based on NDBI); vegetation and its condition (based on NDVI); water bodies (based on MNDWI)), Data source – Sentinel-2A image acquired on 06 August, 2016.

Черно-белые снимки оказались малопригодны для выявления антропогенных объектов, так как скальные выходы в этом случае существенно снижают точность автоматической классификации, создавая высокий уровень шума. Но даже после удаления шума, удавалось достичь точности классификации лишь около 70% на наиболее равнинных участках (табл. 5).

Итак, проведенный анализ ДДЗЗ показал, что на исследуемой территории в пределах ВЗ можно с достаточно высокой долей детализации автоматизированным способом идентифицировать различные растительные сообщества, выделять открытые водные поверхности и выявлять нарушенные (в т.ч. антропогенно) участки.

Выводы

ДДЗЗ являются необходимым инструментом для мониторинга таких труднодоступных и обширных территорий, как обследованные ВЗ на территории НАО. Однако для таких территорий, как зона тундр, трудно получить безоблачные оптические снимки из-за особенностей климата, являющихся также причиной короткого активного вегетационного периода, продолжающегося от одного до полутора месяцев.

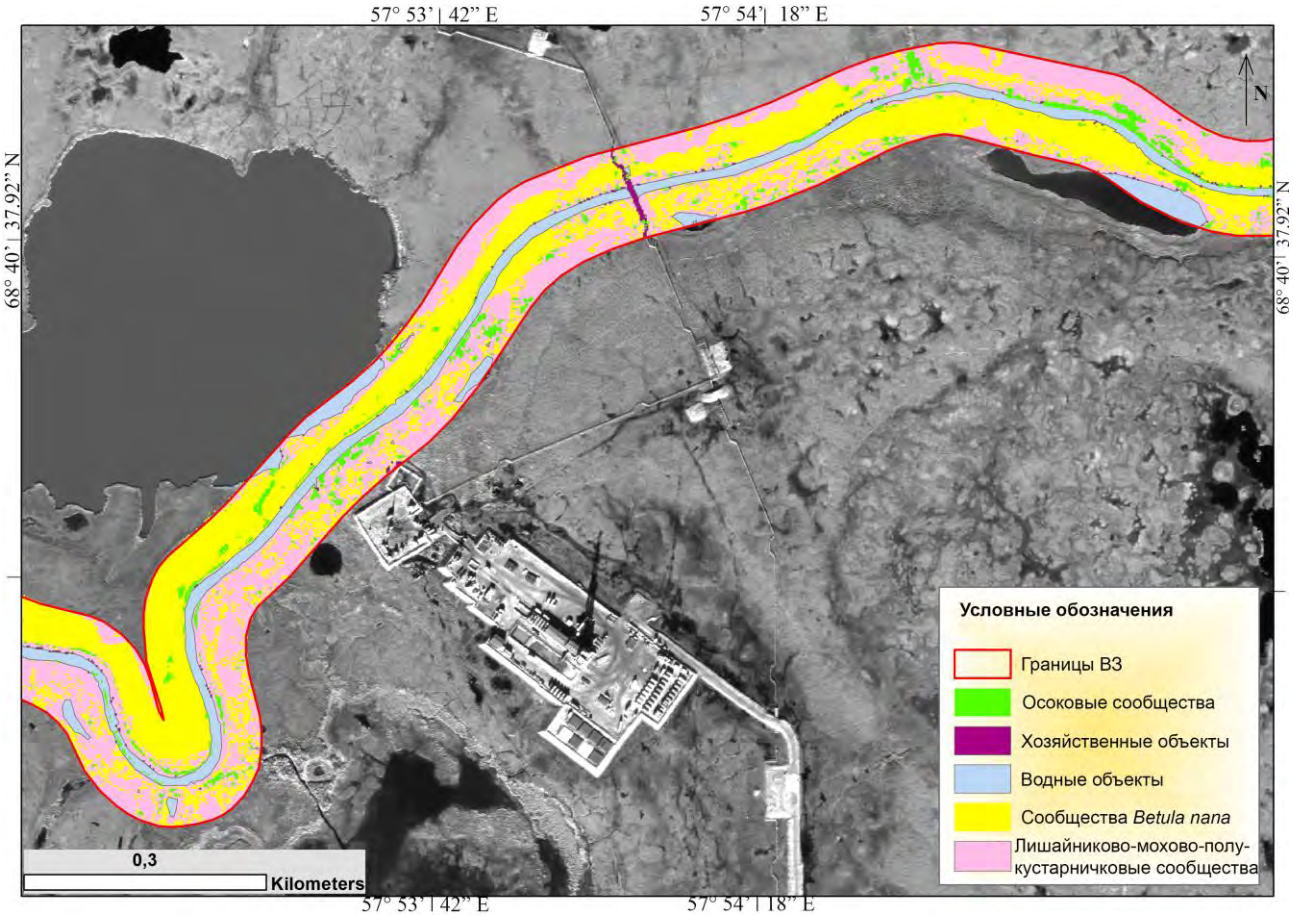


Рис. 9. Участок карты ВЗ р. Хараюнко, представляющий различные типы растительных сообществ, водные и хозяйственные объекты. **Fig. 9.** A part of a map representing different types of plant communities, water bodies, and economic objects on the river Kharayunko VPZ.

Таблица 5. Точность автоматической классификации хозяйственных объектов разными методами на примере участка водоохраной зоны реки Пярцор-яга. **Table 5.** The accuracy of automatic classification of economic objects by different methods, the Pyartsor-yaga river VPZ.

Тип данных (сенсор)	Точность пользователя, %	Точность классификатора, %
NDBI (MSI)	85.2	81.4
NDBI (OLI)	76.1	80.5
NDBI (WV2)	73.1	76.2
Черно-бел. (WV60)	69.2	67.1

Стоимость изображений высокого пространственного разрешения (особенно многоканальных) не всегда позволяет получить временной ряд таких изображений. Кроме того, автоматическая классификация многоканальных снимков высокого пространственного разрешения может давать слишком низкую достоверность для некоторых классов растительности в зависимости от времени получения изображения. Трудности при автоматической классификации могут наблюдаться, когда аспектирующие виды находятся в фенофазах, не позволяющих различать такие виды по их спектральным характеристикам с

достаточной точностью (например, при их переходе к зимнему покою), что также отмечено и в литературных источниках (Tutubalina, Rees, 2001; Зимин и др., 2014). В связи с этим целесообразно дополнительно использовать ДДЗЗ среднего пространственного разрешения, относящиеся к различным датам вегетационного сезона.

Анализ полевых материалов и спутниковых данных показал, что растительный покров обследованных ВЗ водных объектов НАО в целом достаточно типичен для зоны арктических тундр (Лавриненко, 2012; Лавриненко, Лавриненко, 2014, Самозарастание …, 2014), в том числе других сходных участков тундр НАО, обследованных ранее (Программа мониторинга …, 2001; Отчет …, 2014). Выявленные пространственные и видовые различия в растительном покрове ВЗ также в значительной степени обусловлены особенностями строения долин рек в пределах ВЗ, комплексом абиотических факторов, а также наличием и характером антропогенной нагрузки. В границах обследованных участков ВЗ рек на территориях с относительно небольшим антропогенным воздействием в т.ч. при низкой пастбищной нагрузке, представлен в основном коренной растительный покров.

На участках с высокой антропогенной нагрузкой (как правило, вблизи населенных пунктов и хозяйственных объектов) отмечены в разной степени нарушенные фитоценозы.

Коренной растительный покров на обследованной территории представлен в основном **травяно-моховыми** тундровыми фитоценозами (в основном злаковыми или осоковыми), **травяно-мохово-кустарничковыми** фитоценозами с участием стлаников, **маршами** на периодически затапливаемых морем территориях (в основном, сфагновыми, сфагново-осоковыми, осоковыми и, отчасти, кустарничковыми фитоценозами), **кустарниковыми** сообществами (ивняками, ерниками), **лишайниково-кустарничковыми** сообществами. В целом преобладают травяно-моховые тундры.

Из экологических групп, основную часть всех типов коренных фитоценозов составляют виды стресс-толеранты, что обычно для тундр.

Исследованные территории ВЗ рек НАО представляют собой ландшафты различного происхождения (Lavrinenko, 2012), что влияет на состав коренной растительности. Наиболее южные участки в окрестностях месторождения им. Р. Требса и пос. Каратайка заняты б.ч. травяными и травяно-моховыми тундрами. В окрестностях пос. Амдерма и в северной части обследованных ВЗ в окрестностях месторождения им. Р. Требса преобладают моховые тундры, мохово-кустарничковые тундры, лишайниково-кустарничковые тундры. Доля кустарниковых фитоценозов в целом невелика, особенно в черте ВЗ рек окрестностей пос. Амдерма. Кустарниковые сообщества, очевидно, произрастают на тех участках, где в зимний период наиболее длительно задерживается снежный покров. На более северных территориях отмечено больше низких ерников, чем ивняков. На наиболее южных участках ВЗ обнаружены самые высокие ивняки (до 1.8 м высотой). Самые существенные отличия по видовому составу от прочих сообществ отмечены для маршей (на территориях аккумулятивного происхождения), которые отмечены в самых северных частях окрестностей месторождения им. Р. Требса; а также скалистые участки, расположенные, как правило, в южных частях ВЗ рек, протекающих с юга на север и в черте ВЗ оз. Большое Тоинто).

Как и ожидалось, существенно *нарушенные фитоценозы* приурочены в основном к окрестностям населенных пунктов, месторождения им. Р. Требса, а также к дорогам и прочим хозяйственным объектам. Повсеместно движение транспорта по тундрам, строительство и эксплуатация различных сооружений, отмеченные в границах некоторых ВЗ, провоцируют активизацию эрозионных процессов в речных долинах из-за повреждения, трансформации или уничтожения растительного покрова. Отмечено, что восстановление нарушенного растительного покрова происходит за счет зарастания преимущественно видами, которые нельзя отнести к типичным стресс-толерантам, а их ареал выходит за пределы зоны арктических тундр.

Полученные результаты подтверждают, что, несмотря на высокий потенциал использования автоматизированной обработки ДДЗЗ для исследования труднодоступных территорий, таких как заболоченные тундры в пределах водоохранных зон рек, верификация данных автоматизированного дешифрирования является необходимым условием для получения достоверных результатов классификации и повышения детальности карт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (редакция от 29.12.2014). [Электронный ресурс www.consultant.ru (дата обращения 28.06.17)].

Геологическая служба США. 2017. Данные дистанционного зондирования со спутников Landsat. [Электронный ресурс https://earthexplorer.usgs.gov/ (дата обращения 17.04.2017)].

Европейское Космическое Агентство. 2017. Данные дистанционного зондирования со спутников Sentinel-2. [Электронный ресурс https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home (дата обращения 18.05.2017)].

Зимин М.В., Тутбалина О.В., Голубева Е.И., Рис Г.У. 2014. Методика наземного спектрометрирования растений Арктики для дешифрирования космических снимков // Вестник Московского Университета. Серия 5. География. № 4. С. 34-41.

Игловский С.А. 2013. Антропогенная трансформация мерзлотных условий европейского севера России и ее последствия // Арктика и Север. № 10. С. 107-123.

Козлова М.В. 2011. Растительность как индикатор климатических изменений в Дельте Терека // Труды Института прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова. С. 266-271.

Лавриненко И.А. 2012. Дистанционный мониторинг растительности маршей побережья Баренцева моря // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 9. № 2. С. 67-72.

Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. 2014. Растительный покров оленьих пастбищ острова Колгуев: преемственность исследований и современные подходы. // Труды международной научной конференции «Ботаника: история, теория, практика», Санкт-Петербург, 24 июня 2014 г. С.-Пб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 124-130.

Миркин Б.М. Наумова Л.Г. 2012. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем. 488 с.

Миркин Б.М. Наумова Л.Г. 2014. Краткий энциклопедический словарь науки о растительности. Уфа: Гилем. 288 с.

Отчет по договору № 2001-9 «Разработка программы экологически безопасной деятельности предприятий нефтяного комплекса на территории НАО». 2001. Санкт-Петербургский Научный Центр РАН. В 2-х книгах. Т. 1. 296 с.; Т. 2. 302 с.

Программа мониторинга окружающей среды и состояния недр янгарейского лицензионного участка. 2014. Отчет об инженерно-технологической работе. Тема 17404. Уфа.

Самозарастание нарушенных земель Севера. 2014 / Ред. Л.П. Капелькина, О.И. Сумина. С.-Пб.: ВВМ. 207 с.

Тутубалина О.В. 2006. Изучение сезонной динамики растительности Кольского полуострова по снимкам Terra Modis // Исследование Земли из космоса. № 1. С. 59-67.

Basso B., Cammarano D., De Vita P. 2004. Improving the Normalized Difference Built-Up Index to Map Urban Built-Up Areas Using a Semiautomatic Segmentation Approach // Rivista Italiana di Agrometeorologia. Vol. 1. P. 36-53.

Clevers J.G.P.W. 1991. Application of the WDVI in Estimating LAI at the Generative Stage of Barley // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 46. P. 37-47.

Congalton R.G. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data // Remote Sensing of Environment. Vol. 37. P. 35-46.

Gautam V.K., Gaurav P.K., Murugan P., Annadurai M. 2015. Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation // Aquatic Procedia. Vol. 4. P. 739-746.

Grime J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory // American Naturalist. 1977. Vol. 111. P. 1169–1194.

He C., Shi P., Xie D., Yuanyuan Z. 2010. Improving the Normalized Difference Built-up Index to Map Urban Built-Up Areas Using a Semiautomatic Segmentation Approach // Remote Sensing Letters. Vol. 1. № 4. P. 213-221.

Hua L., Qinhuo L. 2008. Comparison of NDBI and NDVI as Indicators of Surface Island Effect in MODIS Imagery // Proceedings of SPIE. Vol. 7285. P. 728503 (номер публикации в электронном издании).

Lavrinenko I.A. 2012. Landscape Diversity of Specially Protected Natural Territories of Nenets Autonomous Okrug // Geography and Natural Resources Pleiades Publishing Ltd. Vol. 33. № 1. P. 43-51.

Lumbuenamo S.D. 1990. Assessment of Biomass Dynamics of a Semi-Desert Grassland by Remote Sensing Techniques // A Dissertation Submitted to the Faculty of the Department of Soil and Water Science. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Graduate College. The University of Arizona. 125 p.

Plourde L., Congalton R.G. 2003. Sampling Method and Sample Placement: How Do They Affect the Accuracy of the Remotely Sensed Maps? // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. P. 289-297.

Remote Sensing Image Analysis. 4th ed. 2006 / Eds. J.A. Richards, X. Jia. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 454 p.

Srinivas P., Das B.K., Saibaba J., Krishnan R. Application of Distance Based Vegetation Index for Agricultural Crops Discrimination // Proceedings of the XX ISPRS Congress. Istanbul, Turkey. IAPRS Vol. XXXV. Commission 7. № 215 [Электронный ресурс http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm7/papers/215.pdf (дата обращения 16.09.2015)].

Tutubalina O.V., Rees W.G. 2001. Vegetation degradation in a permafrost region as seen from space: Norilsk (1961-1999) // Cold Regions Science and Technology. Vol. 32. P. 191-203.

Xu H. 2006. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery // International Journal of Remote Sensing. Vol. 27. № 14. P. 3025-3033.

Xu H. 2007. Extraction of Urban Built-up Land Features from Landsat Imagery Using a Thematic-Oriented Index Combination Technique // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol. 73. № 12. P. 1381-1391.

Xu-kai Z., Xia Z., Qiong-Qiong L., Baig M.H.A. 2012. Automated Detection of Coastline Using Landsat TM Based on Water Index and Edge Detection Methods // Proceedings of the Second International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA). Vol. 978-1-4673-1947-8. P. 153-156.

USE OF REMOTE SENSING DATA FOR THE STUDY OF TUNDRA PHYTOCENOSES; A CASE STUDY ON THE WATER PROTECTION ZONES ON THE NENETS AUTONOMOUS DISTRICT RIVERS

© 2018. M.V. Kozlova, G.Sh. Tursunova, O.V. Gorelits, I.V. Zemlianov

N.N. Zubov State Oceanographic Institute
Russia, 119034, Moscow, Kropotkinsky Lane, 6. E-mail: gorelits@mail.ru

The article focuses on the methods of vegetation cover mapping on the water protection zones of the rivers in the Northern part of the Nenets Autonomous District (NAD), based on remote sensing, and field data. The details of the processing of multispectral satellite images of high and medium spatial resolution and panchromatic images for the tundra territories are shown. For the first time the detailed maps of plant cover for the water protection zones on the territory of the NAD rivers were composed on the basis of remote sensing data. Locations of the plant communities, subjected to human impact were detected either.

Keywords: vegetation cover, water protection zone, remote sensing, human impact, tundra.
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10005

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 1, с. 112-137

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.502.58.470

ЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ВОПРОСЫ ОХРАНЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЛАНДШАФТОВ ТАЛДОМСКОГО РАЙОНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2018 г. Е.А. Аристархова*, Е.Г. Суслова*, Е.В. Тихонова**

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1.
E-mail: kattariss@yandex.ru, lena_susl@mail.ru

***Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН*
Россия, 117485, г. Москва, Профсоюзная ул., д. 84/32. E-mail: tikhonova.cepl@gmail.com

Работа позволяет ответить на вопрос, все ли ландшафты и растительные формации, требующие охраны, представлены на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и достаточную ли площадь они охватывают для обеспечения сохранности уникальных экосистем Талдомского района. Для выявления и обоснования особенностей ценотического разнообразия Талдомского района и современного состояния растительного покрова данной территории в связи с ландшафтной дифференциацией для его охраны подробно проанализирована ценотическая структура территории района на основании картографических и полевых материалов и литературных источников. Изучена современная структура растительности района в связи с ландшафтной структурой территории, выявлены закономерности в размещении различных эпиассоциаций в пределах местностей и ландшафтов района, оценено соотношение площадей каждой из встречающихся на территории групп эпиассоциаций в занимаемых ими границах местностей и ландшафтов. Проведенный анализ показал, что наиболее разнообразны ландшафты, занимающие значительные площади на северо-востоке Талдомского района – Ермолинский и Вьюлковско-Яхромский. В каждом из этих ландшафтов отмечено до 11 эпиассоциаций. Наименьшим разнообразием растительности характеризуются ландшафты южной части исследуемой территории – Вербилковский и Рогачевско-Вербилковский (по 6 эпиассоциаций), а также Вельский с лугово-болотной растительностью и заболоченными ивняками у водохранилища. Оценка ценотического разнообразия района позволяет перейти к решению некоторых прикладных задач, в числе которых на первом месте стоит обоснование природоохранной функции экосистем ландшафтов северного и северо-восточного Подмосковья и оценка актуальности размещения современных границ ООПТ на исследуемой территории.

Ключевые слова: Талдомский район, ландшафты, эпиассоциации, ценотическое разнообразие, картосхема, редкие и охраняемые растения; особо охраняемые природные территории (ООПТ).
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10006

Леса средней части Русской равнины подверглись особенно сильному воздействию человека. В настоящее время они настолько сильно нарушены, что первоначальную их природу установить крайне сложно (Рысин, 2000). Формируясь в течение долгого времени под определенным и систематическим воздействием человека, некоторые производные насаждения приобрели устойчивость и производят теперь впечатление коренных. Те насаждения, которые по всем своим признакам следует относить к насаждениям коренного типа, особенно в типичных зональных экотопах и близких к ним, встречаются очень небольшими участками и не могут, поэтому, служить полным основанием для решения вопроса о характере доагрикультурной растительности (Курнаев, 1968).

Территория Талдомского района, а также соседние, прилегающие к ней с востока участки Сергиево-Посадского района Московской области включают в себя ландшафты с сообществами особой природоохранной ценности, где чередуются наиболее нетронутые,

часто сильно увлажненные или заболоченные лесные массивы с зарастающими водоемами ледникового генезиса, болота с разреженным древостоем, заболоченные и закустаренные долины крупных и малых рек, дренажные каналы и канавы, открытые участки полей и сенокосов. Заболоченные леса и болота имеют важное водоохранное значение, а исследование их современного состояния представляет особый интерес из-за наличия здесь большого числа редких видов, занесенных в Красную книгу Московской области (2008).

Талдомский район по лесорастительному районированию С.Ф. Курнаева (1982) относится к северной полосе подзоны смешанных лесов с преобладанием хвойных лесов бореального типа и значительным распространением заболоченных березняков, травяных и верховых болот, а в соответствии с геоботаническим районированием В.В. Петрова (1968) относится к Лотошинско-Талдомскому округу.

Флора района характеризуется наличием редких видов, занесенных в региональную Красную книгу. Среди них представители орхидных (*Orchidaceae*): венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.)[1], мякотница однолистная (*Malaxis monophyllos* (L.) Sw.), хаммарбия болотная (*Hammarbia paludosa* (L.) O. Kuntze), пальчатокоренники пятнистый (*Dactylorhiza maculata* (L.) Soo) и Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soo), а также виды, нетипичные для данных природно-зональных условий, проникающие с севера и повышающие биологическое разнообразие всей Московской области (Сосудистые растения, 2017). Это такие гипоарктические элементы, как береза приземистая (*Betula humilis* Schrank), водяника черная, или шикша (*Empetrum nigrum* L.), морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.) и др. Охране подлежат также некоторые представители редких лишайников и грибов, обитающие на территории района.

Для сохранения видового богатства и наиболее ценных с природоохранной точки зрения растительных сообществ Талдомского района на территории в свое время были выделены участки, требующие особого режима охраны, где учреждены особо охраняемые природные территории (ООПТ): заказники и памятники природы областного значения. Существующие охраняемые территории позволят сберечь ценные природные экосистемы, в том числе растительные сообщества, где встречаются редкие виды растений и животных. Однако возникают вопросы, все ли ландшафты и растительные формации, требующие охраны, представлены на заповедных территориях и охватывают ли ООПТ достаточную площадь для того, чтобы обеспечить сохранность уникальных экосистем (рис. 1).

Материалы и методы

Для выявления и обоснования особенностей ценотического разнообразия Талдомского района и современного состояния его растительного покрова в связи с ландшафтной дифференциацией (Анненская и др., 1997) в целях его охраны мы подробно проанализировали ценотическую структуру территории на основании картографических (Огуреева и др., 1996) и полевых материалов, в том числе данных геоботанических описаний, информации Е.В. Тихоновой из базы данных ЦЭПЛ РАН, данных природоохранного фонда «Верховье» и литературных источников.

При изучении лесной растительности в связи с изменениями различного генезиса мы рассматриваем сообщества в концепции эколого-динамического ряда В.Б. Сочавы (1972). Ассоциация – это часть динамической системы, объединяющей коренную структуру и ее переменные состояния, образующиеся в результате спонтанной и антропогенной динамики коренного сообщества, т.е. как часть «эпиассоциации» (ЭА). Существование условно-коренных, коротко производных, относительно- и длительнопроизводных лесов на месте

[1] Здесь и далее латинские названия приведены только для травянистых растений.

коренных рассматривается как динамическое целое (Огуреева и др., 1996).

Выделение коренных сообществ отражает потенциальные возможности ландшафтов через природную структуру лесов и их типологическое разнообразие. Степень производности отражает ухудшение качества лесного насаждения с учетом возрастной структуры леса и характера воздействия человека.

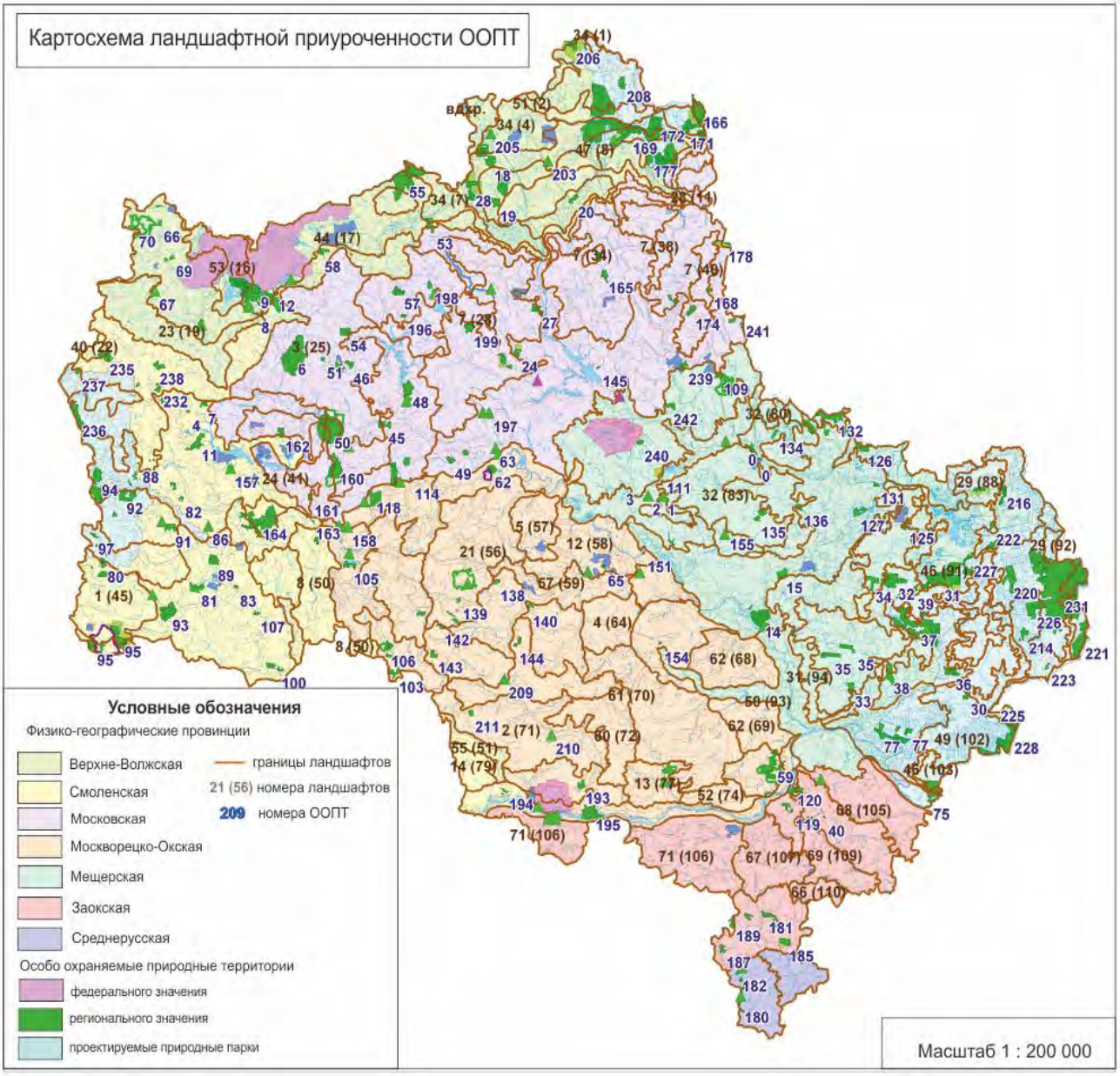


Рис. 1. ООПТ Московской области и физико-географические провинции. **Fig. 1.** Moscow region nature protection areas (NPA) and physiographic provinces.

Данное исследование опирается на картографическое произведение коллектива кафедры биогеографии географического факультета МГУ – карту и легенду растительности Московской области (Огуреева и др., 1996). На территории Талдомского района было выделено 18 растительных эпиассоциаций, которые являются основными единицами

картографирования и отражают структуру и динамику растительности района исследования. На основании карты была создана и проанализирована таблица ценотического разнообразия растительного покрова Талдомского района (табл. 1).

Таблица 1. Классификация растительности Талдомского района по легенде к карте растительности Московской области (Огуреева и др., 1996). **Table 1.** Taldom District vegetation cover classification, according to the vegetation cover map of Moscow Oblast (Огуреева и др., 1996).

Подтипы растительности	**Формации лесов и экологические группы лугов и болот**	**Субформации лесов**	**Растительные эпиассоциации (ЭА)**
Хвойные бореальные леса	СОСНОВО-ЕЛОВЫЕ *(Picea abies, Pinus sylvestris)*	Сосново-еловые кисличные	10, 11
		Сосново еловые вейниково-черничные	13, 14
		Сосново-еловые долгомошно-сфагновые	16
	СОСНОВЫЕ (*Pinus sylvestris*)	Сосновые долгомошно-сфагновые	21
Хвойные субнеморальные леса	ЕЛОВЫЕ (*Picea abies*)	Еловые кислично-широкотравные	25
Широколиственно-хвойные и хвойно-широколиственные леса	СОСНОВО-ЕЛОВЫЕ С ДУБОМ И ЛИПОЙ (*Picea abies, Pinus sylvestris, Quercus robur, Tilia cordata*)	Сосново-еловые с дубом и липой вейниково-широкотравные	38, 39
	ЕЛОВЫЕ С ЛИПОЙ И ДУБОМ (*Picea abies, Tilia cordata, Quercus robur*)	Еловые с липой и дубом влажнотравные	43
Мелколиственные леса	ЧЕРНООЛЬХОВЫЕ (*Alnus glutinosa*)	не подразделяются	56, 57
	ПУШИСТОБЕРЕЗОВЫЕ (*Betula pubescens*)		58, 60
	ИВОВЫЕ (*Salix fragilis, S. alba, S. caprea*)		61
Лесные болота	верховые		64
Луга и травяные болота	на бедных питательными веществами почвах		68
Сеяные луга (посевы)	на довольно богатых почвах		90

Примечания к таблице 1: фон для ЭА здесь и далее подобран в соответствии с цветовой палитрой карты. ЭА и соответствующие им лесные формации и субформации или группы болот и лугов: 10, 11 – сосново-еловые кисличные; 13, 14 – сосново-еловые вейниково-черничные; 16 – сосново-еловые долгомошно-сфагновые; 21 – сосновые долгомошно-сфагновые; 25 – еловые кислично-широкотравные; 38, 39 – сосново-еловые с дубом и липой вейниково-широкотравные; 43 – еловые с липой и дубом влажнотравные; 56, 57 –

черноольховые (мелколиственные); 58, 60 – пушистоберезовые (мелколиственные); 61 – ивовые (мелколиственные); 64 – верховые болота (лесные болота); 68 – луга и травяные болота (на бедных питательными веществами почвах); 90 – посевы на довольно богатых почвах (сеяные луга). **Notes to table 1:** background colors for epiassociations (EA) were chosen according to the colors of the map. EA and corresponding forest formations and sub-formations or groups of moors and meadows: 10, 11 – pine-spruce with *Oxalis*; 13, 14 – pine-spruce with *Calamagrostis-Vaccinium*; 16 – pine-spruce with *Polytrichum-Sphagnum*; 21 – pine with *Polytrichum-Sphagnum*; 25 – spruce with *Oxalis* and broad-leaved grasses; 38, 39 – pine-spruce with oak, *Tilia* and *Calamagrostis* with broad-leaved grasses; 43 – spruce with *Tilia* and oak, damp-grassed; 56, 57 – black alder (parvifoliate); 58, 60 – *Betula pubescens* (parvifoliate); 61 – willow (parvifoliate); 64 – high moors (forest moors); 68 – meadows and grass moors (poor nutrient soils); 90 – crop meadows (rich nutrient soils).

Заболоченные леса, приуроченные к котловинам древних водоемов (вероятно, сохранившимся ледниковым озерам), занимают наибольшую площадь в растительном покрове территории и представляют особый интерес для исследования их современного состояния в связи с мозаичностью биогеоценозов, слагающих растительность, а также по причине наличия здесь значительного числа редких охраняемых видов, занесенных в Красную книгу Московской области (2008).

В течение нескольких последних лет на территории заказника «Журавлиная Родина» были проведены маршрутные исследования лесов Талдомского района и составлены геоботанические описания, которые впоследствии были внесены в базу данных Turboveg (Hennekens, Schaminee, 2001), используемую в ЦЭПЛ РАН для исследования лесной растительности. В нее включались как сами описания, так и GPS-координаты точек заложения геоботанических площадок, отдельно указывались координаты точек обнаружения редких видов растений, входящих в Красную книгу Московской области (2008) и Красную книгу Российской Федерации (2008). Были использованы геоботанические описания студентов и сотрудников кафедры биогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, данные ЦЭПЛ РАН (Hennekens, Schaminee, 2001), сведения Природоохранного Фонда (ПФ) «Верховье».

С помощью программного ГИС-пакета «MapInfo Professional» был осуществлен ряд действий по отображению, редактированию и анализу пространственных данных. В качестве исходного материала была взята среднемасштабная (М 1:200000) карта растительности Московской области (Огуреева и др., 1996) и карта ландшафтов Московской области (М 1:500000; Анненская и др., 1997). Обе карты были преобразованы в вышеуказанной программе, совмещены и приведены к единой проекции и масштабу. Далее путем «наложения слоев» и «выделения» участка в границах Талдомского района Московской области с помощью ряда команд в ГИС-пакете была получена картосхема Талдомского района (М 1:220000), отображающая границы растительных эпиассоциаций в границах местностей и ландшафтов. На картосхеме растительность представлена на уровне формаций, включающих в себя определенный набор эпиассоциаций. Качественный фон соответствующих выделов подобран в соответствии с легендой к карте растительности Московской области (Огуреева и др., 1996). Фрагмент карты растительности на Талдомский район приведен на рисунке 2, обозначения к рисунку – в таблицах 1 и 3. К данной картосхеме прилагаются атрибутивные таблицы (слои), где указаны все картографируемые единицы (ландшафты, местности и эпиассоциации) с их индивидуальными номерами и их площади, также подсчитанные в среде программного пакета ГИС.

На основании полученных результатов в программе «Microsoft Excel» был построен ряд электронных таблиц, наглядно демонстрирующих различия в ценотической структуре

каждого из ландшафтов Талдомского района, в т.ч. на уровне местностей, а также общее ценотическое разнообразие (набор эпиассоциаций) и прочие особенности исследуемой территории, которые удалось выявить. С целью более наглядной демонстрации результатов в электронных таблицах используется цветная шкала, которая разработана на основании ранжирования значений площади для каждой единицы геоботанической или ландшафтной классификации (растительных эпиассоциаций, ландшафтных местностей, ландшафтов).

Проведена оценка современной структуры растительности района в связи с ландшафтной структурой территории, выявлены закономерности в размещении различных эпиассоциаций в пределах местностей и ландшафтов района, оценено соотношение площадей каждой из встречающихся на территории групп эпиассоциаций в занимаемых ими границах местностей и ландшафтов.

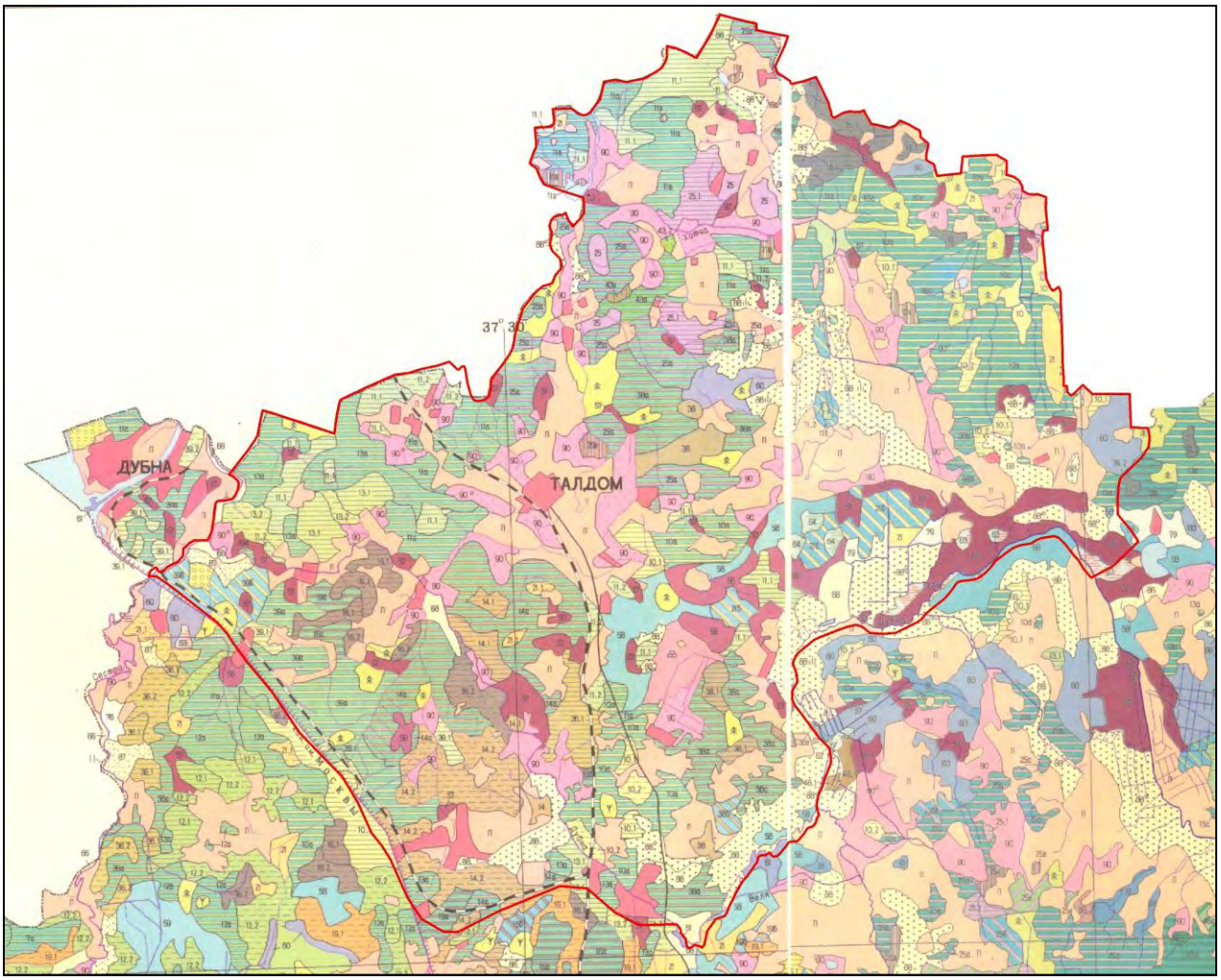


Рис. 2. Карта растительности Талдомского района (фрагмент Карты растительности Московской области масштаба 1:200000; Огуреева и др., 1996). Обозначения приведены в таблицах 1 и 3. **Fig. 2.** Taldom District vegetation cover map (fragment of Moscow Region Vegetation Cover Map, scale 1:200000; Огуреева и др., 1996). Legend is in the tables 1 and 3.

Результаты и обсуждение

Талдомский район целиком лежит в пределах Верхне-Волжской физико-географической провинции (Анненская и др., 1997). На его территории наиболее представлена (по набору

видов) группа водно-ледниковых (зандровых) ландшафтов – 4 вида (суммарная площадь – 254 км^2) с общей долей около 30%. Максимальную площадь (более половины от всей площади) занимает группа моренно-водноледниковых и водноледниковых ландшафтов: первое и второе места по доле каждого ландшафта в общей площади занимают соответственно номера 34 (1) – 292.9 км^2 (около 35%) и 34 (4) – 183.6 км^2 (около 22%). Их общая доля составляет около 57%. На единственный в Талдомском районе ландшафт группы водноледниковых и долинно-зандровых равнин 51 (2) приходится территория в 67.1 км^2 (около 8% площади).

На территории Талдомского района выделяют 8 ландшафтов. Наибольшую площадь занимают группы моренно-водноледниковых и водноледниковых, приуроченных к северу и северо-западу района. Их суммарная доля составляет более 50%. Это Ермолинский и Нижнедубнинский ландшафты с номерами 34 (1) и 34 (4) соответственно. Для наглядного представления о количественных показателях, приходящейся на каждый из ландшафтов территории, можно обратиться к цветной шкале, где все 8 ландшафтов, а также участки, отведенные под водохранилища, ранжированы по площадной характеристике (табл. 2).

Таблица 2. Ландшафты Талдомского района (Анненская и др., 1997). **Table 2.** Taldom District landscapes (Анненская и др., 1997).

№ п/п	Номера ландшафтов – «№ вида (индивидуальный №)»	Названия ландшафтов	Площадь, км^2
1	34 (1)	Ермолинский	292.9
2	34 (4)	Нижне-Дубнинский	183.6
3	45 (6)	Вьюлковско-Яхромский	130.9
4	51 (2)	Волжский	67.1
5	47 (8)	Вербилковский	66.4
6	38 (3)	Талдомский	54.4
7	28 (9)	Рогачевско-Вербилковский	49.5
8	47 (14)	Вельский	2.3
9	Вдхр*	–	0.4
Общая площадь			847.5

Примечания к таблице 2: * – территории под водохранилища, затапливаемые участки. **Notes to table 2:** * – territories for the water reservoirs, flooded areas.

Для характеристики растительности Талдомского района в пределах различных ландшафтов и местностей и оценки их ценотического разнообразия необходимо проанализировать состав и площадную структуру растительных сообществ на уровне эпиассоциаций (Огуреева и др., 1996), названия и суммарная площадь которых приведены ниже (табл. 3).

Наибольшую территорию занимают сосново-еловые с серой и черной ольхой папоротниково-хвощево-кисличные леса (эпиассоциации № 10 и 11). Не уступают им по площади и территории с довольно богатыми почвами, отведенные под посевы (№ 90). Первыми в категории эпиассоциаций с площадью менее 100 км^2 расположены сосново-еловые вейниково-орляково-черничные леса (№ 14). Следовательно, можно отметить, что сосново-еловые леса бореального подтипа занимают ведущие позиции среди лесной растительности Талдомского района.

Таблица 3. Растительные эпиассоциации Талдомского района (Огуреева и др., 1996).
Table 3. Vegetative epiassociations of Taldom District (Огуреева и др., 1996).

№ ЭА	Название эпиассоциации (ЭА)	Площадь, км^2
10	Сосново-еловые с ольхой серой папоротниково (*Dryopteris carthusiana, Athyrium filix-femina*) – хвощево (*Equisetum pratense, E. sylvaticum*) – кисличные (*Oxalis acetosella*) с таежными видами (*Vaccinium myrtillus, Pyrola spp., Lusula pilosa, Trientalis europaea, Calamagrostis arundinacea*) и зелеными мхами, по западинкам с долгими и сфагновыми мхами	121.6
11	Сосново-еловые с ольхой черной папоротниково (*Dryopteris carthusiana, Athyrium filix-femina*) – хвощево (*Equisetum sylvaticum*) – кисличные (*Oxalis acetosella*) с таежными и дубравными видами (*Asarum europaeum, Stellaria holostea, Galeobdolon luteum*), по западинам с долгими и сфагновыми мхами	112
90	Посевы, засоренные *Myosotis arvensis, Viola arvensis, Galeopsis speciosa, Polygonum aviculare, Rumex confertus, Poa annua, Mentha arvensis*, на свежих дерново-подзолистых, реже аллювиальных осушенных средне- и легкосуглинистых почвах	104
14	Сосново-еловые вейниково (*Calamagrostis arundinacea*) – орляково (*Pteridium aquilinum*) – черничные (*Vaccinium myrtillus*) с таежными видами, молинией и зелеными мхами	89.4
39	Сосново-еловые с липой, дубом, иногда кленом, с ольхой черной чернично (*Vaccinium myrtillus*) – кислично (*Oxalis acetosella*) – вейниково (*Calamagrostis arundinacea*) – широкотравные (*Galeobdolon luteum, Pulmonaria obscura, Stellaria holostea, Carex pilosa, Rubus saxatilis*)	78.2
25	Еловые с ольхой серой папоротниково (*Dryopteris carthusiana, D. filix-mas, Athyrium filix-femina*) – хвощево (*Equisetum pratense, E. sylvaticum*) – кислично (*Oxalis acetosella*) – широкотравные (*Galeobdolon luteum, Festuca gigantea, Carex sylvatica, Milium effusum, Asarum europaeum*) с неморальными зелеными мхами (*Mnium* sp., *Atrichum undulatum*) и печеночниками (*Plagiochilla porelloides*), местами с рябиной	67.6
38	Сосново-еловые с дубом и липой чернично (*Vaccinium myrtillus*) – вейниково (*Calamagrostis arundinacea*) – широкотравные (*Asarum europaeum, Stellaria holostea, Galeobdolon luteum*) с таежными видами (*Oxalis acetosella, Maianthemum bifolium*) и папоротниками	62.6
13	Сосново-еловые кислично (*Oxalis acetosella*) – чернично *(Vaccinium myrtillus*) – вейниковые (*Calamagrostis arundinacea*) с таежными видами (*Maianthemum bifolium, Pyrola* spp., *Trientalis europaea, Lusula pilosa, Carex digitata*) и зелеными мхами	50.9
16	Сосново-еловые вейниково (*Calamagrostis arundinacea, C. canescens*) – чернично (*Vaccinium myrtillus*) – долгомошные (*Polytrichum commune*) в сочетании с серовейниково-чернично-сфагновыми (*Sphagnum* sp.) с фиалками болотной и лысой, хвощем лесным, осокой шаровидной, майником, седмичником, участками пушистоберезовых и сосново-пушистоберезовых серовейниково-сфагновых болот	37.4

Продолжение таблицы 3. Continuation of Table 3.

№ ЭА	Название эпиассоциации (ЭА)	Площадь, км^2
57	Черноольховые с черемухой ивняковые влажнотравные (*Filipendula ulmaria, Urtica dioica, Geum rivale, Equisetum fluviatile, Phragmites australis, Comarum palustre, Caltha palustris, Carex acuta, C. riparia, C. cespitosa, Myosotis palustris, Ficaria verna*) с папоротниками (*Athyrium filix-femina, Matteuccia struthiopteris*), местами с хмелем (пойменные)	34.9
58	Пушистоберезовые с сосной и ольхой серой ивняково-крушиновые серовейниково (*Calamagrostis arundinacea*) – осоково (*Carex globularis, C. canescens, C. nigra*) – сфагново – долгомошные с болотно-луговыми видами (*Viola palustris, Filipendula ulmaria, Lysimachia vulgaris, Phragmites australis, Equisetum pratense, E. fluviatile, Deschampsia cespitosa, Comarum palustre*)	22.5
60	Пушистоберезовые с ольхой черной, осиной ивняковые хвощево (*Equisetum pratense*) – таволгово (*Filipendula ulmaria*) – щучковые (*Deschampsia cespitosa*) с долгими и сфагновыми мхами	19.6
56	Черноольховые с черемухой и осиной ивняковые влажнотравно (*Filipendula ulmaria, Geum rivale, Cardamine impatiens, Chaerophyllum* sp., *Impatiens noli-tangere*) – широкотравные (*Mercurialis perennis, Aegopodium podagraria, Anthriscus sylvestris, Campanula latifolia*), местами с хмелем	18.8
21	Сосновые чернично (*Vaccinium myrtillus*) – осоково (*Carex globularis, C. lasiocarpa, C. cinerea*) – долгомошные (*Polytrichum commune*) в сочетании с чернично-сфагновыми (*Sphagnum* sp.) с молинией и седмичником, с участками верховых сфагновых и переходных осоково-сабельниково-сфагновых болот	10.6
68	Влажные мелкозлаково (*Festuca rubra, Anthoxanthum odoratum*) – разнотравные с участием крупных злаков сенокосы и пастбища на плоской и пологонаклонной поверхности междуречий и долин; при деградации низкотравно-мелкозлаковые	8.3
43	Еловые с липой и дубом хвощево (*Equisetum pratense, E. sylvaticum*) – таволговые (*Filipendula ulmaria*) с таежными (*Oxalis acetosella, Athyrium filix-femina*), дубравными (*Galeobdolon luteum, Milium effusum, Festuca gigantea, Aegopodium podagraria, Pulmonaria obscura*) видами и влажнотравьем (*Geum urbanum, Cirsium oleraceum, C. heterophyllum, Lysimachia vulgaris*)	7.5
64	Осоково (*Carex globularis, C. limosa*) – пушицево (*Eriophorum vaginatum*) – сфагновые (виды рода *Sphagnum*) с сосной	1.2
61	Ивовые с березой пушистой, ольхой серой и черной, местами с дубом, кустарниковые (*Salix cinerea, S. viminalis, S. triandra*) влажнотравные (*Filipendula ulmaria, Urtica dioica, Lamium maculatum, Phragmites australis, Geum rivale, Solanum dulcamare, Carex* sp., *Lythrum salicaria, Campanula trachelium, Scutellaria galericulata, Galium rivale*) с хмелем	0.4

Несколько отстают от них по площади, относящиеся к той же формации сосново-еловые кислично-чернично-вейниковые (№ 13) и сосново-еловые вейниково-чернично-

долгомошные в сочетании с серовейниково-чернично-сфагновыми участками пушистоберезовых и сосново-пушистоберезовых серовейниково-сфагновых болот леса (№ 16). В целом на сосново-еловые леса приходится почти 48.5%, т.е. почти половина всей территории. Примерно одинаковые площади приходятся на ельники с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широкотравные (№ 25), а также сосново-еловые с липой, дубом, иногда кленом, с ольхой черной чернично-кислично-вейниково-широкотравные (№ 39) и сосново-еловые с дубом и липой чернично-вейниково-широкотравные леса (№ 38) хвойно-широколиственного подтипа.

Более 10% территории занимают мелколиственные леса: преобладают черноольшаники (№ 56, 57), чуть меньше приходится на пушистоберезовые леса (№ 58, 60). Ивняки же встречаются локально и занимают площадь менее 0.5 км^2.

К категории скудных площадей (менее 10 км^2) относятся верховые осоково-пушицево-сфагновые с сосной лесные болота (№ 64), занимающие территорию около 1 км^2, и влажные мелкозлаково-разнотравные сенокосы и пастбища в районе междуречий и долин (при деградации низкотравно-мелкозлаковые), принадлежащие к растительности лугов и травяных болот (№ 68). Также встречаются в этой категории еловые с липой и дубом хвощево-таволговые леса, имеющие соответственно наименьшую в структуре лесной растительности площадь (№ 43). Несколько большую площадь занимают сосняки чернично-осоково-долгомошные в сочетании с чернично-сфагновыми с участками верховых сфагновых и переходных осоково-сабельниково-сфагновых болот (№ 21). Сосновые леса, таким образом, попадают в категорию средних площадей (от 10 до 100 км^2), т.к. территории под ними несколько превышают 10 км^2. Суммарная доля сосняков в лесной растительности района при этом составляет лишь чуть более 1%.

В первую очередь, важно отметить, что фоновое значение для территории Талдомского района имеют формации сосново-еловых лесов бореальной группы, довольно разнообразные в типологическом отношении (№ 10, 11, 13, 14, 16 в легенде). Они встречаются во всех ландшафтах, за исключением окрестностей каналов и водохранилищ, а также небольшого по площади, развитого в понижениях коренного рельефа Вельского ландшафта – 47 (14), полностью занятого луговой растительностью и травяными болотами, о которых речь пойдет ниже. Наибольшие площади заняты, как уже отмечалось, эпиассоциациями *папоротниково-хвощево-кисличных сосново-еловых лесов* (№ 10, 11), которые, как правило, тяготеют к приподнятым территориям плоских и слабоволнистых моренно-водноледниковых и водноледниковых равнин. Оказалось, что наибольшую долю (около половины территории ландшафта) данные леса занимают в самом крупном по площади Ермолинском ландшафте – 34 (1), а также в Рогачевско-Вербилковском – 28 (9). Оба ландшафта сформированы на относительно приподнятых участках коренного рельефа. Довольно широко распространены и *вейниково-черничные сосново-еловые леса* (№ 13, 14). Они также занимают до 50% и более территории в двух других ландшафтах: Нижне-Дубнинском – 34 (4) и Вербилковском – 47 (8). Таким образом, данные сообщества, вероятно, могут занимать и участки более низких гипсометрических уровней, т.к. Вербилковский ландшафт приурочен к относительно пониженной поверхности водноледниковых и древнеаллювиально-водноледниковых плоских равнин, часто заболоченных. Единственная эпиассоциация *долгомошно-сфагновых сосново-еловых лесов* (№ 16) также встречается почти по всему исследуемому району, но на ее долю в каждом из ландшафтов приходится незначительная площадь. Наиболее крупный по площади и занимаемой доле (13% территории ландшафта) участок долгомошно-сфагновые сосново-еловые леса образуют в Нижне-Дубнинском ландшафте – 34 (4), территории которого всегда были значительно залесены (Анненская и др., 1997). *Вейниково-широкотравные сосново-еловые леса с примесью широколиственных пород* (№ 38, 39) также участвуют в структуре лесной растительности всех ландшафтов, занимая в каждом из них

значительную долю. В относительно небольшом по площади Рогачевско-Вербилковском ландшафте – 28 (9) данные леса имеют максимальную долю в растительном покрове, т.е. занимают до 30% территории. Благодаря повышенному положению ландшафта и наличию богатых супесчаных почв, подстилаемых супесями, местами с прослоями суглинков, здесь создается оптимальный режим увлажнения и складываются благоприятные условия для формирования подобной растительности (южная часть Талдомского района).

Еловые леса, представленные эпиассоциацией широкотравной группы, *кислично-широкотравными ельниками* (№ 25), встречаются отдельными массивами в трех ландшафтах различного генезиса и занимают местообитания с наиболее богатыми почвами с достаточным увлажнением. В составе древостоев часто участвует черная ольха, а в нижних ярусах обилен покров из хвощей, папоротников, кислицы и зеленых мхов. Самый большой участок кислично-широкотравных еловых лесов расположен в крупнейшем ландшафте Талдомского района, Ермолинском – 34 (1). Это единственный ландшафт, где встречаются также влажнотравные ельники с участием широколиственных пород – дуба и липы (№ 47), формирующиеся, на довольно богатых и влажных почвах.

Сосновые леса связаны с наиболее олиготрофными биотопами в пределах моренно-водноледниковых и водноледниковых равнин и распространены в трех наиболее крупных по площади ландшафтах, где они представлены небольшими фрагментами лесов *долгомошно-сфагновой* ЭА (№ 25). Речь о них еще пойдет ниже.

Широко распространены на территории Талдомского района мелколиственные черноольховые ивняковые леса с черемухой (№ 56, 57). Данные формации хотя в целом занимают небольшую суммарную площадь, но, как и сосново-еловые леса, встречаются практически во всех ландшафтах, за исключением Рогачевско-Вербилковского – 28 (9) и полностью занятой ивняками (№ 61) территории вокруг водохранилищ. Ландшафт 28 (9) окаймляет с севера Смоленско-Московскую возвышенность (южная часть района) и характеризуется наибольшими высотами среди прочих ландшафтов, поэтому черноольшаники, тяготеющие к понижениям, здесь не встречаются. Здесь также широко распространены сложные сосново-еловые леса, где к хвойным породам примешиваются дуб и липа. Данные сообщества представляют формацию хвойно-широколиственных лесов.

На территории Талдомского района встречаются и условнокоренные мелколиственные леса, которые образованы в основном березой пушистой (№ 58) и обычно заболочены. Сразу же стоит отметить, что пушистоберезовые леса (№ 58, 60) в отличие от черноольховых встречаются только в половине всех ландшафтов района. В основном они также занимают небольшую долю, но есть исключения: во Вьюлковско-Яхромском ландшафте – 45 (6) на пушистоберезовые леса наряду с черноольшаниками, которые имеют в нем максимальную площадь, приходится более 1/3 территории. Скорее всего, это связано с тем, что данный ландшафт плоских водноледниковых равнин сформировался на участках, где коренной рельеф понижен (Анненская др., 1997). Таким образом, для данных территорий характерно повышенное увлажнение, часто заболачивание. Также характерно наличие древнеозерных котловин и западин, заполненных водой, обычно на различных стадиях зарастания, к окраинам которых довольно часто тяготеют мелколиственные леса. Фитоценотическая структура данной, относительно пониженной части района в границах ландшафта 45 (6) в сравнении с соседними природными комплексами наиболее сложна и разнообразна. Помимо мелколиственных лесов здесь распространены сосново-еловые бореальные и сосново-еловые с дубом и липой широколиственно-хвойные леса. Данные формации занимают в ландшафте примерно по четверти от общей площади, а ЭА № 39 из группы сосново-еловых лесов с дубом и липой имеет здесь максимальную долю. Также на данной территории в связи с вышеописанными экологическими условиями развивается болотная растительность, представленная верховыми болотами подтипа лесных болот и единственной эпиассоциацией

(№ 64). Данная ЭА (№ 64) имеется только в понижениях водноледниковых равнин Вьюлковско-Яхромского ландшафта. Встречаются на территории и сосняки (№ 21), площадь которых невелика во всех трех ландшафтах, где они произрастают, однако в данном ландшафте, в отличие от двух других, на сосновые леса приходится наибольшая доля в структуре растительности (чуть более 3%). На территории данного ландшафта, как и почти по всей территории Талдомского района, распространены пахотные земли (около 9% территории ландшафта), представленные на карте (Огуреева и др., 1996) растительностью сеяных лугов (№ 90) и занимающие суммарно в Талдомском районе площадь более 100 км^2.

Мы составили картосхему Талдомского района, на которой нашли отражение как ландшафтная структура территории, так и лесные формации, луга и болота, представленные в пределах различных ландшафтов (рис. 3). Анализ карты показал, что наиболее разнообразны ландшафты, занимающие значительные площади и тяготеющие к северо-востоку Талдомского района – Ермолинский и Вьюлковско-Яхромский. В каждом из них отмечено до 11 ЭА. Наименьшим разнообразием растительности характеризуются ландшафты южной части исследуемой территории – Вербилковский и Рогачевско-Вербилковский (по 6 эпиассоциаций), а также Вельский ландшафт с лугово-болотной растительностью и заболоченными ивняками у водохранилища.

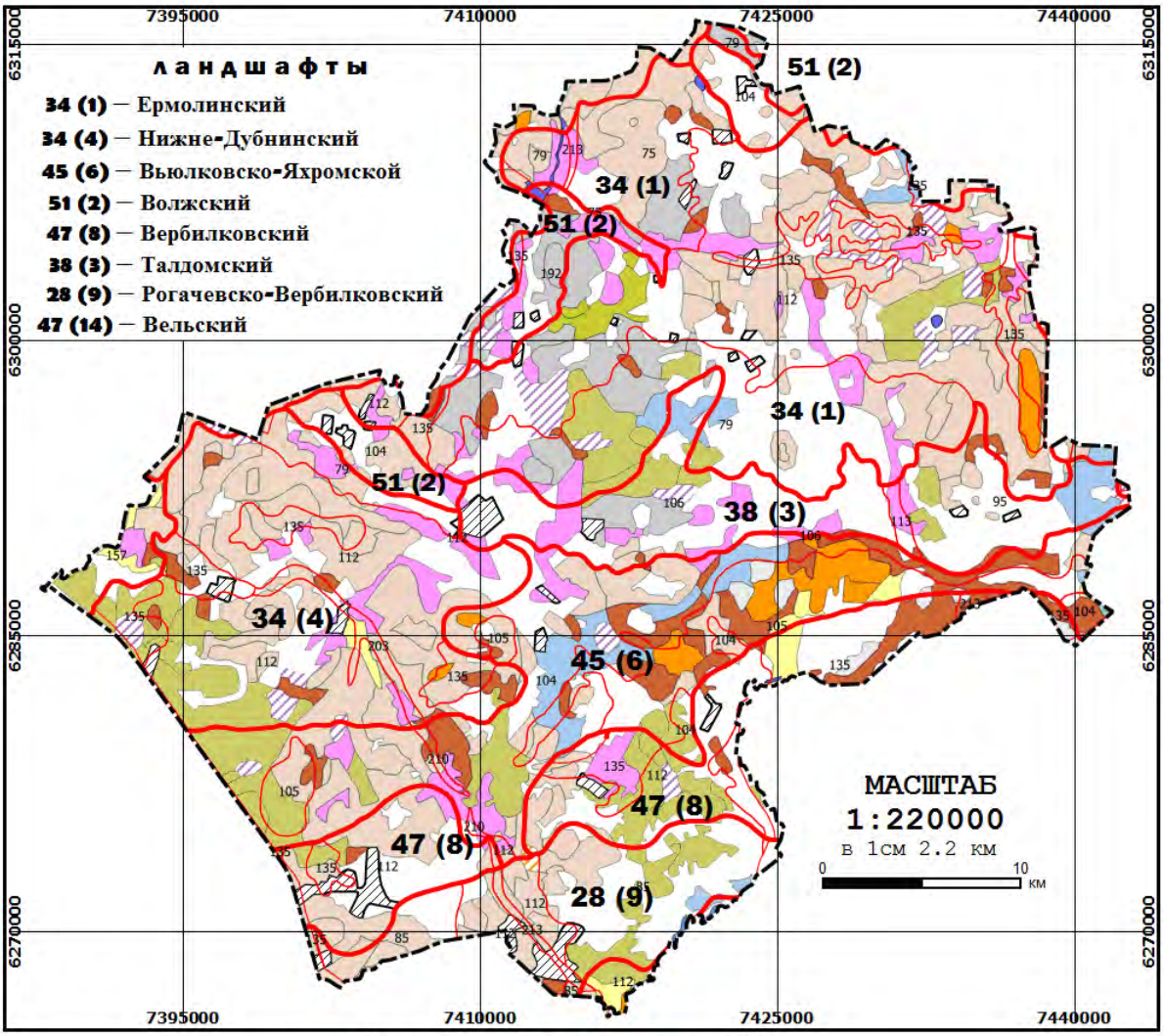
Широко распространены местности плоских зандровых равнин с елово-сосновыми, еловыми и мелколиственными заболоченными лесами. Здесь же расположены одни из самых ценных природных объектов района: озера, сплавины вокруг озер и переходные болота с большим числом редких растений. На территории древнеаллювиально-водноледниковых равнин в понижениях коренного рельефа также представлены подобные ценные экосистемы.

Мелколиственные леса встречаются почти всюду, но максимальные площади занимают во влажных плоских понижениях водноледниковых равнин. Данные формации являются наиболее ценными экосистемами, выполняющими важнейшие природоохранные функции, связанные с размещением и сохранением орнитофауны. Наиболее широко распространены влажнотравные черноольшаники и заболоченные пушистоберезовые леса – ценные водно-болотные угодья с участием охраняемых редких видов растений и животных. Отдельное внимание следует уделить охране прирусловых ивовых зарослей – крупнейших участков местообитаний птиц.

Оценка ценотического разнообразия Талдомского района позволяет перейти к решению некоторых прикладных задач, в числе которых на первом месте стоит обоснование природоохранной функции экосистем ландшафтов северного и северо-восточного Подмосковья и оценка актуальности размещения современных границ ООПТ на исследуемой территории.

Система заказников северного Подмосковья сосредоточена в основном на востоке Талдомского района и плавно переходит на территорию соседнего Сергиево-Посадского района, многие ООПТ непосредственно прилегают к его административной границе. Самыми крупными по занимаемой площади среди ООПТ Талдомского района являются три заказника: «Маклаковский заказник», «Журавлиная родина», «Озеро Золотая Вешка и прилегающие леса». На территории этих заказников, а также памятника природы «Мельдинская колония сизых чаек» охраняются различные природные экосистемы района.

В качестве фоновой растительности в Талдомском районе выступают сосново-еловые леса, часто с участием ольхи серой или черной, занимающие территории различного гипсометрического уровня и генезиса, основная их доля приходится на водораздельные поверхности водноледниковых (зандровых) равнин. Эти сообщества обладают различной степенью нарушенности и находятся на различных стадиях восстановления. Существуют и практически ненарушенные участки, сохранившиеся, главным образом, в ООПТ.



Составитель: Е.А. Аристархова, 2017

Условные обозначения

- СОСНОВО-ЕЛОВЫЕ ЛЕСА
- СОСНОВЫЕ ЛЕСА
- ЕЛОВЫЕ ЛЕСА
- СОСНОВО-ЕЛОВЫЕ С ДУБОМ И ЛИПОЙ
- ЕЛОВЫЕ С ЛИПОЙ И ДУБОМ
- ЧЕРНООЛЬХОВЫЕ
- ПУШИСТОБЕРЕЗОВЫЕ
- ИВОВЫЕ
- ЛЕСНЫЕ БОЛОТА
- ЛУГА И ТРАВЯНЫЕ БОЛОТА
- СЕЯНЫЕ ЛУГА
- Прочие земли (не леса)
- Лесные культуры (сосна)
- Лесные культуры (ель)
- Населенные пункты
- 135 Индекс местностей

Границы:

- Местностей
- Ландшафтов
- Талдомского района
- Реки и озера

Рис. 3. Ценотическое разнообразие ландшафтов Талдомского района. **Fig. 3.** Phytocoenosis diversity in Taldom District landscapes.

Субнеморальные ельники и бореальные сосняки занимают небольшую суммарную площадь. Охраняются лишь их небольшие фрагменты, поэтому мало нарушенные леса такого типа требуют большего внимания и расширения площадей, входящих в зону ООПТ.

Еловые леса сохранились в основном по водоразделам на возвышенных участках с довольно богатыми и влажными почвами. В древостое этих лесов принимают участие береза пушистая, ольха черная и ива козья. Именно в таких лесах обитают различные редкие орхидные – в частности венерин башмачок настоящий. Рекомендуется расширить охраняемые территории под ельниками таежного и субнеморального типа.

Чистые сосняки встречаются редко и приурочены в основном к олиготрофным местообитаниям – верховым и переходным болотам и их окраинам. Такие леса характеризуются наличием редких охраняемых и уязвимых видов растений, лишайников и представителей фауны.

Широко распространены в районе местности плоских водноледниковых (зандровых) равнин с елово-сосновыми, еловыми и мелколиственными заболоченными лесами. Именно в этих лесах сосредоточено максимальное количество редких видов растений, требующих охраны.

В пределах этих местностей сосредоточены озера, сплавины вокруг озер и переходные болота с большим числом редких охраняемых растений. Они являются одними из наиболее ценных природных объектов района. Так на болотах, сплавинах и окружающих озера и болота лесах заказника «Маклаковский заказник» (фото 1-6) охраняются ценные природные экосистемы: субнеморальные елово-мелколиственные, мелколиственно-еловые и мелколиственные леса с вкраплениями участков таежных и субнеморальных еловых и сосново-еловых лесов и елово-широколиственных лесов, черноольшаники влажнотравно-крупнотравные, переходные и верховые болота, озера с участками сплавин и окружающих их заболоченных сфагновых лесов.

Фото 1. Черноольшаник тростниково-влажнотравный (здесь и далее фото Е.Г. Сусловой). **Photo 1.** Sticky alder damp forest with *Phragmites australis* (here and below photos by E.G. Suslova).

Фото 2. Участки ивняковых влажнотравных болот среди черноольшаников.
Photo 2. Swamps with *Salix cinerea* in black alder forests.

Здесь встречается большое число охраняемых в Московской области видов растений, в том числе: пальчатокоренник Траунштейнера, башмачок настоящий, шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris* L.), морошка приземистая, пальчатокоренник пятнистый, ладьян

трехраздельный (*Corallorhiza trifida* Chatel.), росянка английская (*Drosera anglica* Huds.), одноцветка одноцветковая (*Moneses uniflora* (L.) A. Gray), баранец обыкновенный (*Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank & C. Mart.), осоки малоцветковая (*Carex pauciflora* Lightf.), двудомная (*Carex dioica* L.) и вздутоносая (*Carex rhynchophysa* C. A. Mey.), цинна широколистная (*Cinna latifolia* (Trev.) Griseb.), пузырчатка промежуточная (*Utricularia intermedia* Hayne). На территории древнеаллювиально-водноледниковых равнин также представлены подобные ценные экосистемы.

Фото 3. Заболоченная окраина оз. Сальковское в Маклаковском заказнике. **Photo 3.** Bogged-out swamp of Salkovskoe Lake border in Maklakovsky natural reserve.

Фото 4. Переходная часть осоково-сфагнового болота у оз. Сальковское с низкорослой сосной. **Photo 4.** Transitional part of a sedge-sphagnum bog near Salkovskoe Lake with stunted pine.

Фото 5. Тростниковые заросли по берегам оз. Сальковское в Маклаковском заказнике. **Photo 5.** Reeds on the banks of Salkovskoe Lake in Maklakovsky natural reserve.

Фото 6. Кувшинка (*Nymphaea candida* J. Prest.), водокрас (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) и телиптерис (*Thelypteris palustris* Schott) в прибрежной части оз. Сальковское. **Photo 6.** *Nymphaea candida*, *Hydrocharis morsus-ranae* and *Thelypteris palustris* on the coasts of Salkovskoe Lake.

Фото 7. Шейхцерия (*Scheuchzeria palustris* L.) и клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.) на сплавине оз. Глебовское. **Photo 7.** *Scheuchzeria palustris* and *Oxycoccus palustris* on the bogged fusion along the edge of Glebovskoe Lake.

Фото 8. Озеро Глебовское в Маклаковском заказнике.
Photo 8. Glebovskoe Lake in Maklakovsky natural reserve.

На территории сравнительно небольшого по площади (около 600 га) заказника «Озеро Золотая Вешка и прилегающие леса», находящегося на территории Ермолинского ландшафта, ценные природные экосистемы представлены березово-еловыми папоротниково-широкотравно-кисличными лесами с дубом и липой с участками мелкотравно-зеленомошных, кисличных и редкотравных; фрагментами смешанных с елью, березой и липой лесов папоротниково-широкотравных с пятнами мхов; сосняками с елью и березово-еловыми черничными лесами с таежными видами мелкотравья и зелеными мхами; березово-черноольховыми и черноольховыми крупнотравными и влажнотравно-крапивными лесами; сосняками долгомошными и сфагновыми с единичной березой; сосново-березовыми с

ольхой черной заболоченными и сырыми лесами (фото 9). Здесь растут редкие охраняемые в области растения: венерин башмачок настоящий, морошка приземистая (фото 10), осока малоцветковая, пальчатокоренник пятнистый.

Фото 9. Сосново-березовый сфагновый лес в окрестностях оз. Золотая Вешка (фото 9 и 10 Е.В. Тихоновой). **Photo 9.** Pine-birch sphagnum forest near Golden Veshka Lake (photo 9 and 10 by E.V. Tikhonova).

Фото 10. Морошка (*Rubus chamaemorus* L.) с плодами на оз. Золотая Вешка.
Photo 10. *Rubus chamaemorus* with berries near Golden Veshka Lake.

Столь высокое ценотическое разнообразие в пределах небольшой площади довольно сложно сохранить, это требует значительных усилий по организации серьезного режима охраны. Без создания дополнительной буферной зоны этот заказник может подвергаться усиленному антропогенному воздействию. В связи с загрязнением может пострадать и уникальный водный объект, одно из наиболее чистых и ненарушенных озер северного Подмосковья, являющееся ядром заказника и служащее местом обитания многих видов птиц

и произрастания редких и уязвимых видов растений.

В заказнике «Журавлиная родина» (площадь около 11974 га), который находится на северо-востоке московской части Верхне-Волжской низменности в зоне распространения плоских и слабоволнистых водноледниковых, моренно-водноледниковых и древнеаллювиально-водноледниковых замедленно дренируемых равнин, к наиболее ценным природным экосистемам относятся переходные и верховые болота и заболоченные лесные массивы, мелколиственно-еловые и елово-мелколиственные леса с дубом лещиновые широкотравные и папоротниково-широкотравные; сероольшанники, черноольшаники с березой и березняки влажнотравные; участки пойменных лугов с группами деревьев и кустарников. В настоящее время на территории заказника под охраной находятся местообитания нескольких редких видов растений, занесенных в Красную книгу Московской области (2008): венерин башмачок настоящий, морошка приземистая (фото 11), гудайера ползучая (*Goodyera repens* (L.) R. Br.), водяника черная, или вороника, или шикша (фото 12), пальчатокоренник пятнистый, береза приземистая, княженика (*Rubus arcticus* L.), хаммарбия болотная, мякотница однолистная, или стагачка, шейхцерия болотная, пузырчатка промежуточная.

Фото 11. Морошка в цвете. **Photo 11.** Blooming *Rubus chamaemorus*.

Памятник природы «Мельдинская колония серых цапель» представляет собой зарастающий обводненный торфяной карьер (фото 13-14) в квартале 15 Темповского лесничества общей площадью около 10 га. Памятник природы был создан для сохранения колонии сизых чаек и располагается в Нижне-Дубнинском ландшафте моренно-водноледниковых и водноледниковых плоских, замедленно дренируемых равнин. Наиболее ценными растительными сообществами памятника природы и окружающей территории являются: ельники с осиной и березой кислично-папоротниково-широкотравные, верховые пушицево-кустарничковые сфагновые болота с сосной в сочетании с водоемами зарастающих торфяных карьеров, березово-сосновые бруснично-чернично-зеленомошные и чернично-долгомошные леса, липово-еловые кислично-хвощево-широкотравные леса с березой и черной ольхой, черноольшаники влажнотравные с участием березы пушистой, ели и черемухи. Среди охраняемых растений этого небольшого памятника природы – венерин

башмачок настоящий, баранец обыкновенный, турча болотная (*Hottonia palustris* L.), цинна широколистная, мякотница однолистная, или стагачка, гудайера ползучая и морошка (занесены в Красную книгу Московской области, 2008). В непосредственной близости на территории охранной зоны растут также другие охраняемые виды: дремлик болотный (*Epipactis palustris* (L.) Crantz), ужовник обыкновенный (*Ophioglossum vulgatum* L.), пальчатокоренники Траунштейнера и пятнистый, осока волосовидная (*Carex capillaris* L.).

Фото 12. Вороника или водяника (*Empetrum nigrum* L.). **Photo 12.** *Empetrum nigrum*.

Фото 13. Озеро Мельдино, где охраняется колония сизых чаек. **Photo 13.** Meldino Lake where it is protected the gray gulls colony.

Фото 14. Зарастающие мелиоративные каналы. **Photo 14.** Overgrowing ameliorative canals.

Некоторые группы смешанных лесов и болотные угодья, относящиеся к уникальным экосистемам, хорошо представлены в различных ООПТ района, но требуют более тщательного соблюдения режима охраны, многочисленные тропы рекреантов и рыболовов ведут к лесным озерам (фото 15). Окрестности водно-болотных угодий и некоторых реликтовых озер нуждаются в расчистке от мусора и контроле попадания загрязненных вод с сельхозугодий и из селитебных зон. Часть еловых субнеморальных лесов района пострадала от короеда-типографа (фото 16).

Фото 15. Санитарная сплошная рубка на месте уничтоженного короедом-типографом елового леса (фото Е.В. Тихоновой). **Photo 15.** Sanitary clear cutting in the area of the spruce forest, destroyed by the bark beetle (photo by E.V. Tikhonova).

Фото 16. Самодельный указатель в лесу (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 16.** A handmade signpost in a forest (photo by E.G. Suslova).

Таким образом, особо охраняемые территории исследуемого района охватывают почти все ценные экосистемы, за исключением сильно нарушенных сообществ долинного комплекса Волги и ивняков, где обитают многие виды птиц, вдоль средних и малых рек.

Несмотря на кажущуюся благополучность состояния большинства экосистем имеющихся на ООПТ, необходимо отметить, что охраной недостаточно охвачены заболоченные леса, болота и прибрежные сообщества озер, как наиболее богатые редкими видами растений. Три из шести заказников района имеют весьма небольшие размеры («Вязовники в долине Дубны в окрестностях д. Троица-Вязники», «Дубненская колония серых цапель», «Мельдинская колония сизых чаек». Некоторые ООПТ района являются кластерными («Журавлиная родина»), на озерах (Глебовское, Золотая Вешка) не прекращается рекреационная деятельность. К сожалению, пока не охраняются участки лесов и болот в окрестности пос. Темпы (здесь планируется организовать заказник «Темповский), не взяты под охрану уникальные сосняки на песках и болота в окрестностях и на территории г. Дубна.

В целом, на территории Талдомского района наблюдается положительная тенденция к расширению сети ООПТ: в частности, давно планируется включение «Журавлиной родины» в ООПТ нового ранга – трансграничный природный парк «Журавлиный край», расположенный в Талдомском и Сергиево-Посадском районах. Данная территория должна будет объединить крупнейшие в Московской области болотные массивы и водно-болотные угодья равнин Верхневолжской низменности, находящиеся в близком к естественному состоянии.

Необходимо в ближайшее время продолжить работы по укрупнению и объединению ряда существующих ООПТ и созданию крупного природного парка «Журавлиный край».

Заключение

На основе анализа различных использованных фондовых и полевых материалов удалось выявить, что в качестве фоновой растительности выступают сосново-еловые леса, занимающие территории различной высоты и генезиса. При этом основная их доля приходится на водораздельные поверхности водноледниковых (зандровых) равнин. Эти сообщества обладают различной степенью нарушенности и почти все находятся на различных стадиях восстановления, но существуют и практически ненарушенные участки, сохранившиеся, главным образом, в ООПТ. Наиболее распространены сосново-еловые свежие леса с участием ольхи серой или ольхи черной.

Мелколиственные леса также характеризуются высокой степенью участия в растительном покрове Талдомского района. Они встречаются всюду, но максимальные площади занимают во влажных плоских понижениях водноледниковых равнин. Данные формации являются наиболее ценными экосистемами, выполняющими важнейшие природоохранные функции, связанные с размещением и сохранением животного населения (главным образом, орнитофауны), практически во всех ООПТ Талдомского района.

Из мелколиственных лесов наиболее широко распространены влажнотравные черноольшаники и пушистоберезовые леса, являющиеся ценными природными сообществами заболоченных понижений, требующими охраны. Эти фитоценозы развиты на водоохранных территориях (водно-болотные угодья) и характеризуются наличием ряда охраняемых редких видов растений и животных.

Фото 17. Сосновый лес рядом с оз. Золотая Вешка (все 3 фото Е.В. Тихоновой).
Photo 17. Pine forest near Golden Veshka Lake (all three photos by E.V. Tikhonova).

Фото 18. Черноольшаник влажнотравно-папоротниковый в урочище «Двухквартальный лес» заказника «Журавлиная родина».
Photo 18. Black alder damp forest with ferns in the natural boundary “Two-Quarter Forest” of the “Crane Land” nature reserve.

Фото 19. Липово-осиновый лес к югу от оз. Золотая Вешка.
Photo 19. Linden-aspen forest south of Golden Veshka Lake.

Отдельное внимание следует уделить охране прирусловых ивовых зарослей (крупнейшие участки – местообитания птиц, которые не входят в ООПТ района).

Субнеморальные ельники и бореальные сосняки занимают небольшую суммарную площадь. Охраняются лишь их небольшие фрагменты, поэтому данные мало нарушенные леса требуют большего внимания и расширения площадей, входящих в зону ООПТ.

Еловые леса сохранились в основном по водоразделам на наиболее возвышенных участках с довольно богатыми и влажными почвами. В древостое этих лесов принимают участие береза пушистая, ольха черная, часто обилен подрост ивы козьей. Именно в таких лесах обитают различные редкие орхидные – в частности башмачок настоящий. Рекомендуется расширить охраняемые территории под малонарушенными ельниками таежного и субнеморального типа.

Чистые сосняки встречаются реже и приурочены в основном к олиготрофным местообитаниям – верховым и переходным болотам и их окраинам. Такие леса характеризуются наличием большого числа редких охраняемых и уязвимых видов растений, лишайников и представителей фауны.

Наиболее распространены в районе местности плоских водноледниковых (зандровых) равнин с елово-сосновыми, еловыми и мелколиственными заболоченными лесами. В пределах этих местностей сосредоточены также озера, сплавины вокруг озер и переходные болота, отличающиеся значительным числом редких охраняемых растений. Они являются одними из наиболее ценных природных объектов района.

На территории древнеаллювиально-водноледниковых равнин также представлены подобные ценные экосистемы.

Некоторые группы смешанных лесов и болотные угодья, относящиеся к уникальным экосистемам, хорошо представлены в ООПТ, но требуют более тщательного соблюдения режима охраны. Например, окрестности водно-болотных угодий и, в частности, реликтовых озер нуждаются в расчистке от мусора и контроле попадания загрязненных вод с сельхозугодий и из селитебных зон (фото 20).

Фото 20. Самодельный плакат в лесу. **Photo 20.** A hand-made poster in a forest.

Охраняемые территории исследуемого района охватывают почти все уникальные экосистемы, за исключением сильно нарушенных сообществ долинного комплекса Волги и

ивняков, вдоль средних и малых рек, где обитают многие виды птиц.

В целом, на территории Талдомского района наблюдается положительная тенденция к расширению сети ООПТ, но выборочное укрупнение одних охраняемых территорий и отчуждение других маленьких ООПТ (памятники природы с ничтожной площадью), может дать позитивный эффект лишь на бумаге.

Необходимо проводить на территории северного и северо-восточного Подмосковья больше исследований, постоянно поддерживать необходимый режим охраны и совершенствовать систему мониторинга, а главное, сформировать при Министерстве экологии и природопользования Московской области административный аппарат и дирекцию, заинтересованную в сохранении уникальной природы Подмосковья, и, в частности, ее северо-восточной части и выведении системы организации и функционирования ООПТ на качественно новый уровень.

Необходимо в ближайшее время продолжить работы по созданию Природного парка «Журавлиный край».

Авторы выражают глубокую благодарность ПФ «Верховье» за предоставление материалов по характеристике растительности ООПТ Московской области, полученных во время работ по реализации ряда областных целевых и ведомственных программ Московской области, в том числе: «Комплексное экологическое обследование государственных природных заказников и памятников природы для подготовки материалов по их реорганизации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А., Хрусталева М.А., Цесельчук Ю.Н. 1997. Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: СГУ. 296 с.

Красная книга Московской области. Издание 2-ое. 2008 / Ред. Т.И. Варлыгина, В.А. Зубакин, Н.А. Соболев. М.: Товарищество научных изданий КМК. 4+828с.

Красная книга Российской Федерации: Растения и грибы. 2008. М.: КМК. 855с.

Курнаев С.Ф. 1982. Дробное лесорастительное районирование нечерноземного центра. М.: Наука. 118 с.

Курнаев С.Ф. 1968. Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука. 355 с.

Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Суслова Е.Г., Швергунова Л.Г. 1996. Растительность Московской области. Карта растительности. Масштаб 1:200000. Пояснительный текст и легенда к карте. М.: ЭКОР. 45 с.

Официальный сайт Природоохранного Фонда «Верховье» [Электронный ресурс http://verhovye.ru (дата обращения 12.12.17)].

Петров В.В. 1968. Новая схема геоботанического районирования Московской области // Вестник МГУ. Серия биологическая. № 5. С. 44-50.

Рысин Л.П. 2000. Динамика хвойных лесов Подмосковья. М.: Наука. 221 с.

Сосудистые растения «Журавлиной родины». 2017 / Ред. А.В. Щербаков, Н.В. Любезнова, Ю.А. Насимович, К.Ю. Теплов, Е.В. Тихонова. М.: Галлея-Принт. 222 с.

Сочава В.Б. 1972. Классификация растительности как иерархия динамических систем // Геоботаническое картографирование. С. 3-18.

Hennekens S.M., Schaminee J.H.J. 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data // Journal of Vegetation Science. Vol. 12. P. 589-591.

PHYTOCOENOTIC DIVERSITY AND NATURE PROTECTION IN TALDOMSKY DISTRICT OF MOSCOW REGION LANDSCAPES

© 2018. E.A. Aristarkhova*, E.G. Suslova*, E.V. Tikhonova**

**M.V. Lomonosov Moscow State University*
Russia, 119991, Moscow, Leninskiye Gory, 1. E-mail: kattariss@yandex.ru, lena_susl@mail.ru
***Center for Forest Ecology and Productivity of RAS*
Russia, 117997, Moscow, Profsoyuznaya Str., 84/32. E-mail: tikhonova.cepl@gmail.com

The presented article answers the question if every landscape and vegetation formation, requiring protection, are presented in nature protection areas (NPA) and if they cover an area, big enough to ensure the preservation of Taldomsky District unique ecosystems. In order to identify and substantiate the peculiarities of the phytocoenotic diversity of Taldomsky District and the current state of the local vegetation cover in connection with landscape differentiation for the purpose of its protection, the coenotic structure of this territory was analyzed in detail on the basis of cartographic and field materials and literature sources. The current structure of the local vegetation cover was studied in connection with the landscape structure of the territory, the regularities in the location of various epiassociations within the areas and landscapes of the district were revealed, the ratio of the areas of each of the epiassociation groups found in the territory within the boundaries of the terrain and landscapes was estimated. Analysis, compiled by the authors, showed that the most diverse landscapes occupying significant areas in the northeast of Taldomsky District are Ermolinsk and Vyulkovsko-Yakhromsky. In each of these landscapes, up to 11 epiassociations were noted. The least diversity of vegetation is characterized by landscapes of the southern part of the study area – Verbilkovsky and Rogachevsko-Verbilkovsky (6 epiassociations), as well as the Velsk landscape with meadow-marsh vegetation and swampy willowy trees near the reservoir. Evaluation of the coenotic diversity of Taldomsky District allows us to proceed to the solution of some applied problems, among which the rationale for the environmental function of the ecosystems of the landscapes of the northern and northeastern suburbs of Moscow and the assessment of the relevance of the location of the modern boundaries of the nature protection areas (NPA) in the study area are on the first place.

Keywords: Taldomsky District, landscapes, epiassociations, phytocoenotic diversity, map schema, rare and protected plants; nature protection areas (NPA).
DOI: 10.24411/2542-2006-2017-10006