

*Вестник
Московского государственного
областного университета*

СЕРИЯ
«ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»

№ 2

Москва
Издательство МГОУ
2007

*Вестник
Московского государственного
областного университета*

**СЕРИЯ
«ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»
№ 2**

Москва
Издательство МГОУ
2007

***Вестник
Московского государственного
областного университета***

Научный журнал основан в 1998 году

Редакционно-издательский совет:

Пасечник В.В. – председатель, доктор педагогических наук, профессор
Дембицкий С.Г. – зам. председателя, первый проректор, проректор
по учебной работе, доктор экономических наук, профессор
Коничев А.С. – доктор биологических наук, профессор
Лекант П.А. – доктор филологических наук, профессор
Макеев С.В. – директор издательства, кандидат философских наук, доцент
Пусько В.С. – доктор философских наук, профессор
Яламов Ю.И. – проректор по научной работе и международному
сотрудничеству, доктор физико-математических наук, профессор

Редакционная коллегия серии «Естественные науки»:

Яламов Ю.И. – доктор физико-математических наук, профессор
Матвеев Н.П. – профессор (ответственный редактор)
Коничев А.С. – доктор биологических наук, профессор
Новикович В.М. – кандидат физико-математических наук, доцент (ученый секретарь)

Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2007. № 2. – М.: Изд-во
МГОУ. – 124 с.

Вестник МГОУ (все его серии) является рецензируемым и подписным изданием, предназначенным для публикации научных статей докторантов, а также аспирантов и соисследователей (См.: Бюллетень ВАК 2005. № 4. С. 5).

В «Вестнике» могут публиковаться статьи не только работников МГОУ, но и других научных и образовательных учреждений.

В настоящем сборнике МГОУ «Естественные науки», № 2, 2007 публикуются статьи по физике, химии, экологии, биологии, геоэкологии и географии; представляющие как научный, так и прикладной интерес. Сборник реферируется ВИНИТИ.

ISBN 978-5-7017-1186-8

© МГОУ, 2007
© Издательство МГОУ, 2007

Коничев А.С.¹

Московский государственный

областной университет

Конин Д.Н., Селедкин А.Ю.

Московский городской

педагогический университет

ВЛИЯНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ В ПЕЧЕНИ МОЛЛЮСКОВ VIVIPARUS VIVIPARUS L.

Исследована динамика воздействия тетрахлорметана, тетрахлорэтилена и трихлорметана на протеолитическую активность в печени моллюсков *Viviparus Viviparus L.* Высокие концентрации (10 ПДК) токсикантов приводят к резкому снижению удельной активности протеаз и гибели моллюсков. Допустимые концентрации (1 ПДК) вызывают в начале существенное увеличение протеолитической активности, которая затем возвращается к нормальным значениям, соответствующим таким же у контрольных моллюсков.

Konichev A.S.

Moscow State Regional University (MSRU)

Konin D.N., Seledkin A.U.

Moscow City Pedagogical University (MCPU)

CHLORINE ORGANIC SUBSTANCES' INFLUENCE ON PROTEOLYTIC ACTIVITY IN VIVIPARUS VIVIPARUS L. LIVER

Influence of tetrachlorinemethane, tetrachloroethylene, trichlorinemethane on proteolytic activity in mollusks *Viviparus Viviparus L.* liver was investigated. High concentration (10 MPC) of ecotoxins leads to sharp decrease of specific proteolytic activity and destruction of mollusks. Admissible concentration (1 MPC) causes in the beginning essential increase on proteolytic activity which then comes back to normal values corresponding to those at control molluscs.

В настоящее время уделяется значительное внимание биохимическому тестированию воздействия различных экотоксикантов на живые организмы. Хлорорганические соединения являются одними из основных загрязнителей окружающей среды, и воздействие именно этих экотоксикантов на ферментные системы живых организмов представляет значительный интерес [1]. Ранее было установлено, что живородка речная представляет собой удобный тест-объект изучения воздействия различных групп токсикантов (галогенорганических соединений, фенолов и др.) на ферментные системы гидробионтов, что может быть использовано для оценки уровня загрязнений водной среды [2, 3, 4]. Мы продолжили исследование в этом направлении, и целью данной работы стало изучение изменений протеолитической активности ферментов живородки речной *Viviparus viviparus*. Под воздействием хлорорганических соединений тетрахлорэтана (C_2Cl_4), тетрахлорметана (CCl_4), трихлорметана ($CHCl_3$).

Материалы и методы исследования. Моллюсков собирали в экологически чистой зоне – Учинском водохранилище (Московская область) и проводили акклиматизацию их в аквариуме с постоянной аэрацией в течение 14 суток. В дальнейшем моллюсков подвергали затравке в растворах вышеперечисленных хлорорганических соединений с концентрацией в 1 ПДК и 10 ПДК на протяжении 24, 48 и 72 часов. Затем у моллюсков (группами по 5 особей) извлекали печень методом вивисекции, брали навески массой 1 г и экстрагировали белки 10 мл 0,15 М раствора NaCl в ступках при температуре 0–2°C. Экстракти центрифугировали при 6000g при 4 °C в течение 40 мин и полученные супернатанты использовали для дальнейших исследований. Протеолитическую активность определяли по методу Куница, модифицированному для ферментов моллюсков [2]. Субстратом служил 1%-ный раствор гемоглобина в дистиллированной воде. Для определения активности 0,3 мл белкового экстракта инкубировали с 0,05 мл раствора субстрата, 0,1 мл дистиллированной воды и 0,55 мл 0,05 М фосфатно-цитратного буфера (pH=3,2) в течение 1 часа при 37 °C. Реакцию останавливали 0,5 мл холодного 10%-ного раствора трихлоруксусной кислоты. Затем пробы помещали на 20 мин в холодильник для формирования осадка, который отделяли центрифугированием при 6000g в течение 15 мин. Измерение оптической плотности полученных супернатантов проводили на спектрофотометре Smart Spec 3000 при 750 нм против контроля, в котором белковый экстракт вносили после раствора трихлоруксусной кислоты. За единицу активности принимали такое количество фермента, которое вызывает увеличение оптической плотности на 1 единицу при 750 нм за 1 час. Удельную активность рассчитывали в единицах активности на 1 мг белка, определяемого по методу Лоури.

Результаты и их обсуждение. Результаты проведенных экспериментов представлены в табл. 1–4. Как следует из полученных данных, удельная активность протеаз в печени моллюсков под действием испытанных хлорорганических соединений, взятых в концентрации 1 ПДК существенно (не менее чем на 50%) возрастала по сравнению с контролем через 24 часа экспозиции моллюсков (табл. 1). Все исследованные токсиканты вызывали практически одинаковый всплеск протеолитической активности, которая достигала 153–161% по сравнению с контролем. Через 48 часов экспозиции (1 ПДК) удельная активность протеаз стала резко снижаться, приближаясь к контролю (при действии C_2Cl_4 и CCl_4) и оставалась существенно выше контроля у моллюсков, испытывавших воздействие $CHCl_3$ (157% к контролю, табл. 2). Через трое суток воздействия (1 ПДК) активность протеаз полностью соответствовала нормальным значениям, практически не отличаясь от контроля (табл. 3). Иные результаты были получены при испытании высокой (10 ПДК) концентрации хлорорганических токсикантов. Так, уже через 24 часа наблюдалось резкое снижение активности протеаз (табл. 1), а через 48 часов их активность падала до минимальных значений (18–44% от контроля, табл. 2). При этом наибольшее снижение активности наблюдалось при воздействии $CHCl_3$.

Через 72 часа (10 ПДК) активность протеаз увеличилась, и особенно сильно при воздействии хлороформа (178% от контроля, табл. 3).

Исходя из полученных данных, можно констатировать, что все исследованные токсиканты вызывают сходный эффект на активность протеаз моллюсков. Однако этот эффект зависит от дозы и времени воздействия хлорорганических соединений, среди которых наиболее мощное тормозящее действие на удельную активность оказывает $CHCl_3$ (табл. 2). Наблюдаемое в ряде вариантов опыта снижение активности протеаз можно, вероятно, объяснить общим токсическим воздействием хлорорга-

нических соединений на организм моллюсков. На это указывает резко выраженное падение активности протеаз под воздействием высоких концентраций (10 ПДК), исследовавших соединений. Повышение протеолитической активности на первых этапах отравления в пределах ПДК может быть связано с начальными этапами адаптации животных к воздействию хлорорганических соединений. Эти данные указывают также на то, что испытанные вещества, возможно, не являются непосредственными ингибиторами протеаз. Однако это предположение должно быть проверено в последующих опытах «*in vitro*».

Что касается ингибирующего воздействия ионов хлора, то оно известно в отношении ряда ферментов, однако в отношении протеаз моллюсков такие данные отсутствуют. Однако, уже исходя из наших данных, следует, что изученные хлорорганические соединения в высокой (10 ПДК) концентрации могут вызывать глубокие и, вероятно, необратимые изменения в белковом обмене живородки, приводя к гибели (особенно в случае хлороформа) моллюсков. Дальнейшее изучение воздействия этих соединений на обмен белков у моллюсков представляет несомненный интерес, как с точки зрения функциональной биохимии, так и биохимической экологии гидробионтов. В этой связи заслуживают внимания полученные нами данные о содержании белка в печени моллюсков.

Таблица 1

**Влияние хлорорганических токсикантов на активность протеаз
в печени моллюсков (экспозиция 24 часа)**

Токсиканты	1 ПДК		10 ПДК	
	Удельная активность, единиц/ $\text{мг } 10^1$	% к контролю	Удельная активность, единиц/ $\text{мг } 10^1$	% к контролю
Контроль	5,1±0,17	100	4,64±0,16	100
C ₂ Cl ₄	7,84±0,14	153	2,73±0,17	58
CCl ₄	8,23±0,12	161	3,97±0,14	85
CHCl ₃	7,92±0,16	155	3,6±0,12	77

Таблица 2

**Влияние хлорорганических токсикантов на активность протеаз
в печени моллюсков (экспозиция 48 часов)**

Токсиканты	1 ПДК		10 ПДК	
	Удельная активность, единиц/ $\text{мг } 10^1$	% к контролю	Удельная активность, единиц/ $\text{мг } 10^1$	% к контролю
Контроль	5,62±0,12	100	4,23±0,14	100
C ₂ Cl ₄	5,49±0,13	97	1,87±0,13	44
CCl ₄	5,36±0,17	95	1,73±0,16	40
CHCl ₃	8,07±0,2	157	0,8±0,12	18

Таблица 3

Влияние хлорорганических токсикантов на активность протеаз
в печени моллюсков (экспозиция 72 часа)

Токсиканты	1 ПДК		10 ПДК	
	Удельная активность, единиц/мг 10^1	% к контролю	Удельная активность, единиц/мг 10^1	% к контролю
Контроль	5,13±0,2	100	2,67±0,12	100
C_2Cl_4	5,46±0,12	102	1,29±0,12	48
CCl_4	5,03±0,14	98	2,22±0,14	87
$CHCl_3$	5,01±0,18	97	4,76±0,15	178

Начальные этапы эксперимента (1 ПДК) приводят к двукратному увеличению содержания белка, что говорит о резком всплеске его биосинтеза. При этом наблюдается увеличение активности протеаз, что, вероятно, связано с общим усилением обмена веществ у моллюсков, как метаболической реакцией на адаптацию животных к воздействию токсикантов. В дальнейшем (48 часов) содержание белка начинает снижаться, и к 72 часам становится близким к контрольным значениям (табл. 4).

При 10 ПДК выявлено падение содержания белка, как и вышеотмеченное падение активности протеаз, что говорит о снижении активности белоксинтезирующего аппарата у моллюсков. При 10 ПДК через 48 часов содержание белка становится близким к контролю, а в случае $CHCl_3$, даже превышает контрольное значение (124%, табл. 4). Через 72 часа в случае C_2Cl_4 и CCl_4 содержание белка несколько ниже, чем в контроле, а в случае хлороформа значительно превышает контрольное значение (174%, табл. 4).

Таблица 4

Влияние хлорорганических соединений на содержание белка в печени живородки речной

Токсиканты	1 ПДК			10 ПДК		
	24 ч., % к контрол.	48 ч., % к контрол.	72 ч., % к контрол.	24 ч., % к контрол.	48 ч., % к контрол.	72 ч., % к контрол.
Контроль	100	100	100	100	100	100
C_2Cl_4	251	177,8	79,2	90,3	114,5	90,1
CCl_4	246	211,5	99,18	75,8	109,6	84,9
$CHCl_3$	207	155,9	89,82	41,9	124,4	173,7

Таким образом, учитывая результаты определения протеолитической активности и концентрации белка, можно прийти к заключению, что испытанные токсиканты (1 ПДК) вызывают вначале резкое усиление белкового обмена, которое нормализуется, по крайней мере, спустя трое суток после начала интоксикации. Увеличение

концентрации токсикантов вызывает резкие и, вероятно, необратимые изменения в белковом обмене моллюсков, приводящее к гибели значительной части животных, особенно при воздействии хлороформа, что открывает перспективы биохимического тестирования загрязнения водоемов хлороганическими соединениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грушко Я.М. Вредные органические вещества в промышленных сточных водах. – Л., 1982. – С. 120.
2. Конин Д.Н. Влияние ионов тяжелых металлов на протеолитическую активность в печени моллюсков *Viviparus Viviparus L.*: IV Симпозиум химии протеолитических ферментов, Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН: Стендовый доклад. – М., 2007. – С. 123.
3. Коничев А.С., Попов А.П., Цветков И.Л., Филков П.В. Ферменты как биохимические маркеры загрязнения воды // Приложение к вестнику МГОУ. Серия «Естественные науки: география, экология, экономика: Актуальные проблемы науки и образования». – М.: МГОУ. 2005. – С. 151-153.
4. Цветков И.Л., Коничев А.С. Экологическая биохимия гидробионтов. – М.: МГОУ. 2006. – С. 105.

Ахмедова Ф.Р.

Бакинский государственный университет,
кафедра микробиологии

ТЕРМОФИЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Из горячих источников Азербайджана с температурой воды 35,5–70°C, pH 6,0–9,0 выделены виды спорообразующих бактерий с оптимумом развития от 40 до 65°C – *Bacillus stearothermophilus*, *Bac. coagulans*, *Bac. megaterium*, *Bac. mesentericus*, *Bac. circulans*, *Bac. subtilis*, *Bac. cereus*, *Bac. brevis* и *Bac. mycoides*. Выделенные бактерии отличаются высокой биохимической активностью, что указывает на их активную роль в разложении органических веществ.

Ahmedova F.R.
Baku State University

THERMOPHILIC BACTERIA FROM HOT SPRINGS OF AZERBAIJAN REPUBLIC

Spore-forming bacteria with the optimum growth temperature from 40 to 65°C were isolated from hot springs of Azerbaijan Republic with the temperature 35,5–72°C and pH 6,0–9,0 *Bacillus stearothermophilus*, *Bac. coagulans*, *B. mesentericus*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *Bac. brevis*, *Bac. mycoides*, and *B. circulans*. The bacteria have a high biochemical activity and play therefore an important role in decomposition of organic substances.

Впервые из горячих источников Азербайджана были выделены экстремально-термофильные бактерии *Thermus flavus* и облигатно-термофильные бактерии *Thermus ruber* [1, 2]. Позднее из этих источников были выделены облигатно-термофильные и термотолерантные бактерии, относящиеся к группе спорообразующих палочек [3].

В настоящей работе представлены данные по распределению и видовому составу термофильных бактерий в различных источниках Азербайджана и изучению их некоторых биохимических свойств.

Методика исследований

Из 27 проб горячих водных источников отдельных районов Азербайджана были выделены различные культуры термофильных спорообразных бактерий. Температура воды указанных источников 35,5–70°C, pH 6,0–9,0, степень минерализации 0,9–19,8 г/л. Выделение бактерий проводили при температурах от 40 до 70°C. Для их культивирования использованы общепринятые среды (Логинова с соавт., 1966). Идентификацию бактерий проводили по определителям [4, 9, 8], по монографиям Логиновой с соавторами [5, 6, 7].

Для характеристики биохимических свойств выделенных термофильных бактерий определяли активность протеолитических, амилолитических ферментов и ферментов, растворяющих клеточные стенки бактерий *Escherichia coli*.

Указанные свойства были также определены у ранее выделенных облигатно-термофильных (*T. ruber*) и экстремально-термофильных (*T. flavus*, *T. thermophilus*) неспорообразующих бактерий.

Об активности ферментов судили по зонам гидролиза специфического суб-

страта: крахмала – при определении амилолитической активности, казеина – при определении активности протеазы [5]. При определении активности липических ферментов использовали мертвые и живые клетки грамотрицательных бактерий *Esch. coli*. Посев изучаемых культур делали уколом на агаризованные среды в чашках Петри. Выращивание проводили при оптимальных температурах роста.

Определение липической активности *T. ruber*, штамм КБ проводили турбодиметрическим методом [6, 8]. В качестве фермента использовали фильтрат культуральной жидкости *T. ruber* штамм КБ, выращенный на картофельно-пептонной среде с дрожжевым экстрактом (0,02%), pH 8,0, в глубинных условиях в течение 48 ч при 65°C. Тест-культурой служили живые и мертвые клетки *Esch. coli*, инкубация при 70°C, время инкубации от 10 до 60 мин.

Результаты и обсуждение

Из термальных источников Азербайджана выделены различные виды термофильных бактерий с оптимумом развития от 40 до 75°C. Среди них имеются экстремально-термофильные бактерии *T. flavus*, *T. thermophilus* и облигатно-термофильные *T. ruber*.

Из всех анализированных проб было выделено большое количество термофильных бактерий.

Из горячих источников выделено 423 культуры спорообразующих бактерий, которые отнесены к видам *Bacillus stearothermophilus*, *Bac. coagulans*, *Bac. megaterium*, *Bac. mesentericus*, *Bac. circulans*, *Bac. subtilis*, *Bac. cereus*, *Bac. brevis* и *Bac. mycoides*. Из них к облигатным термофилам отнесен вид *Bacillus stearothermophilus* с оптимумом развития 55–65°C и вид *Bac. coagulans* с оптимумом развития 60°C. Остальные отнесены к термотolerантным видам, оптимум развития которых колеблется в пределах от 38–40 до 55°C.

Для определения амилолитической активности 58 культур бактерий высевали на среды с 0,2% крахмала (среда Гордона и Смита, МПА). Рост на указанных средах наблюдали у всех культур. Большая часть спорообразующих бактерий развивалась с образованием зон гидролиза крахмала и только две культуры (11к, 16а), отнесенные к виду *Bac. subtilis* не гидролизовали крахмал (табл. 1). Наибольшие по величине зоны образовали культуры (29а, 44г), отнесенные к видам *Bac. coagulans* и *Bac. cereus*.

Таблица 1

Активность амилаз и протеаз культур, выделенных из термальных водных источников Азербайджана

Вид и штаммы	Оптимальная температура роста, °C	Активность по зонам, мм	
		амилаза	протеаза
<i>T. ruber</i> , КБ	55	6	14
<i>T. flavus</i> , Ка	60	3	5
<i>T. thermophilus</i> 1г	60	7	3,8
То же 2г	60	6	10
« 14д	60	3	12
« 17д	60	9	15
<i>Bac. stearothermophilus</i> 7	65	5	10
То же 12	65	3	12

« 19	65	7	38
Bac. coagulans 24a	60	13	Сл.
То же 29a	60	18	Сл.
Bac. megaterium 4	50	3	5
То же 22	50	4	6
« 27	50	2	4
Bac. mesentericus 2a	40	10	4,6
То же 8a	40	8	3,5
« 12a	40	14	6,2
Bac. subtilis 11к	40	0	3
То же 16a	40	0	4,3
Bac. circulans 3н	40	14	3,8
То же 12н	40	11	2,3
« 21н	40	8	3,5
Bac. cereus 41г	50	16	7
То же 44г	50	18	8,5
Bac. mycoides 12м	50	13	6
Bac. brevis 10т	55	12	5,8

Результаты исследований показали, что большая часть штаммов неспорообразующих бактерий *T. thermophilus* обладает слабой амилолитической активностью.

Способностью гидролизовать молочный агар обладали 43 культуры. В качестве наиболее активно гидролизующих казеин отобраны 7 штаммов, которые отнесены к видам *T. thermophilus*.

Определение протеолитической активности у различных видов выделенных спорообразующих бактерий показало, что наибольшие зоны гидролиза казеина характерны для штаммов *Bac. stearothermophilus*, *Bac. mesentericus*, *Bac. cereus*, *Bac. brevis*, *Bac. megaterium*.

Изучена способность бактерий *T. ruber*, штамм Кб, лизировать клеточные стенки грамотрицательных бактерий *Esch. coli*. Для указанной цели были взяты мертвые и живые клетки *Esch. coli*. Результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Лизис клеток *Esch. coli* фильтратами культуральной жидкости *T. ruber*, штамм Кб

Лизис живых клеток, %						Лизис мертвых клеток, %					
Время, мин											
10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
5,5	9,2	17,1	26	35,2	36,4	7,8	12,5	21,2	28,5	41,2	43,7

Полученные данные свидетельствуют о том, что культура *T. ruber*, штамм Кб, способна за 50 мин лизировать живые клетки *Esch. coli* на 35,2%, а мертвые на 41,2%.

При более длительном времени (60 мин) процент разрушенных живых и мертвых клеток незначительно увеличивается.

Таким образом, полученные данные согласуются с литературными [6], в частности, с тем фактом, что мертвые клетки лизируются более активно, чем живые. Очевидно, литическая активность бактерий рода *Thermus* дает им экологические преимущества перед другими формами, не обладающими этой способностью и является одной из причин, обуславливающих их способность развиваться в источнике с низким содержанием органических веществ, поскольку они сами могут себя обеспечивать питанием за счет лизиса существующих в источнике бактериальных форм.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что термофильные бактерии горячих источников Азербайджана, как правило, обладают высокой биохимической активностью. Значительная роль им принадлежит и в биохимических процессах, что в свою очередь обусловливает развитие соответствующих биоценозов водных организмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедова Ф.Р., Терешина В.М., Логинова Л.Г., Ховрычев М.П. Особенности физиологии *Thermus ruber* // Микробиология. – 1989. – Т. 58. – Вып. 2. – С. 262–264.
2. Ахмедова Ф.Р. Распространение термофильных бактерий родов *Bacillus* и *Thermus* в горячих водных источниках Азербайджанской ССР: Канд. дисс. Баку, 1991. – 96 с.
3. Ахмедова Ф.Р. Спорообразующие бактерии, распространенные в некоторых термальных водах Азербайджана: МПГУ, научные труды: Сб. ст. – М., 2006. – С. 432–434.
4. Красильников Н.А. Определитель бактерий и актиномицетов. – М.–Л.: Изд. АН СССР, 1949. 830 с.
5. Логинова Л.Г., Головачева Р.С., Егорова Л.А. Жизнь микроорганизмов при высоких температурах. – М., 1966. – С. 291.
6. Логинова Л.Г., Головачева Р.С., Головина И.Т., Егорова Л.А. Позмагова И.Н., Хохлова Ю.М., Цаплина И.А. Современные представления о термофилии микроорганизмов. – М.: Наука, 1973. 275 с.
7. Логинова Л.Г., Егорова Л.А. Новые формы термофильных бактерий. – М.: Наука, 1977. 157 с.
8. Логинова Л.Г., Хранцова Г.И., Головина И.Г. и др. Термофильные бактерии горячих источников Камчатки // Микробиология, 1976. – Т. XLV. – Вып. 6. – С. 1087–1091.
9. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Д.Хоулта, Н.Крига, П.Спита и др. – М.: Мир, 1997. – Т. 1–2, 800 с.

Васильев Н.В., Карташов С.Н.

Московский государственный
областной университет (МГОУ)

РЕАКЦИИ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ 1,3,4 ОКСАДИАЗОЛОВ

Изучены реакции циклоприсоединения некоторых циклических диенов с фторированными 1,3,4-оксадиазолами, приводящие к образованию соединений каркасного строения. Реакции осуществляются с образованием как продуктов «двойного» циклоприсоединения – соединений 7-оксабициклогептанового ряда, так и продуктов «внутримолекулярного» циклоприсоединения – соединений оксатрициклического и оксатетрациклического типов. Отмечаются стереохимические особенности реакций циклоприсоединения. Строение веществ согласуется с данными, полученными методом ядерного магнитного резонанса (^1H и ^{19}F).

Vasill'ev N. V., Kartashov S. N.
Moscow State Regional University (MRSU)

CYCLOADDITION REACTIONS 1,3,4-OXADIAZOLES

Cycloaddition reactions of fluorinated 1,3,4-oxadiazoles with several dienes have been studied. Cycloheptatriene and cyclohexadiene were found to form cycloaddition products with 2-ethoxycarbonyl-5-trifluoromethyl-1,3,4-oxadiazole. The structures of the compounds were confirmed to NMR-spectra.

Настоящая работа посвящена исследованию реакций циклоприсоединения 1,3,4-оксадиазолов, которые приводят к образованию соединений каркасного строения. Соединения такого типа привлекают к себе внимание последние десятилетия в связи с необходимостью их применения в высокотехнологичных областях. Так, возможности применения веществ полициклического типа в качестве высокозэнергетических компонентов ракетных топлив определяют не только улучшенные характеристики ракетной техники, но также снижают экологическую нагрузку на окружающую среду при ракетных запусках. Перспективы применения крайне напряженных каркасных веществ в качестве рабочих тел для систем накопления солнечной энергии общеизвестны и также сулят в недалеком будущем существенный вклад в энергообеспечение, минимизируя сжигание углеводородного топлива на ТЭЦ и, тем самым, обеспечивая экологическую безопасность [1, 2]. Разработка методов получения веществ каркасного строения была и остается, таким образом, весьма актуальной научной проблемой, подходы к решению которой находятся в области согласованных процессов, в частности процессов циклоприсоединения.

Одним из наиболее интересных типов реакций циклоприсоединения, изученных за последние 20 лет, является циклоприсоединение 1,3,4-оксадиазолов. Эта реакция имеет сложный трехстадийный характер и описывается как 2+4-циклоприсоединение, ретро-2+3-циклоприсоединение, 2+3-циклоприсоединение. Особенности и закономерности этих процессов полностью еще не изучены. Особый интерес вызывает стереохимия реакций циклоприсоединения 1,3,4-оксадиазолов.

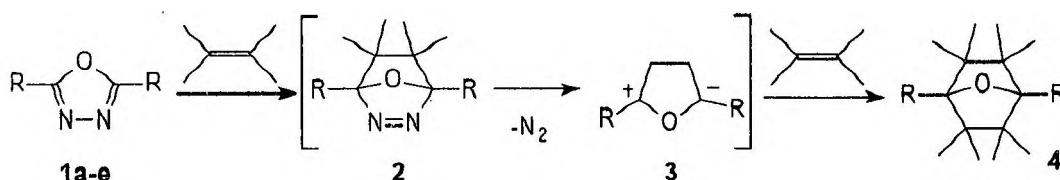
Известно, что циклоприсоединение 1,3,4-оксадиазолов с алкенами, изученное первоначально на примере 2,5-бис(трифторметил)оксадиазола (1a) [3–5], к настоящему времени исследовано и на других 2,5-бис(полифторалкил)-1,3,4-оксадиазолах

(**1b-d**) [6-8], а также и 2,5-бис(метоксикарбонил)-1,3,4-оксадиазоле (**1e**) [5].

На первой стадии процесса происходит [2+4]-циклоприсоединение с образованием промежуточного 2,3-диаза-7-оксабицикло[2.2.1]гепт-2-ена (**2**). Бициклогептен (**2**) малоустойчив, в условиях реакций ($\geq 100^{\circ}\text{C}$), и подвергается ретро [2+3]-циклоприсоединению с выбросом азота и образованием карбонил-илида (**3**), который является наиболее вероятным промежуточным интермедиатом в этих реакциях. Последняя стадия – [2+3]-циклоприсоединение карбонил-илида (**3**) с второй кратной связью происходит очень быстро с образованием производных 7-оксабицикло[2.2.1]гептана (**4**) (схема 1).

Схема 1

Взаимодействие фторированных оксадиазолов с алканами



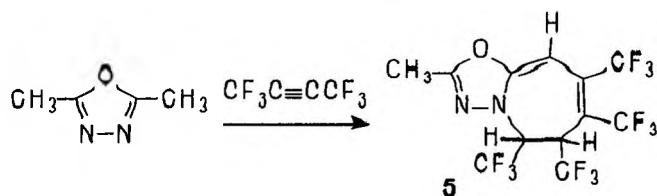
	1a	1b	1c	1d	1e
R	CF ₃	C ₂ F ₅	C ₃ F ₇	CF ₂ H	C(O)OEt

Реакции контролируются НСМО оксадиазолов и ВЗМО диенофилов, что подтверждается низкими значениями потенциалов ионизации фторированных оксадиазолов, приведенными в работе [9], а также данными квантовохимических расчетов [8]. Подтверждением «инвертного» механизма циклоприсоединения оксадиазолов являются также и донорные свойства вовлеченных диенофилов; диенофилы акцепторного типа (производные малеиновой и фумаровой кислот, ацетилендикарбоновой кислоты и др.) в циклоприсоединение не вступают. Существенное влияние на циклоприсоединение оказывают и стерические эффекты: в ряду этилен, пропилен, изобутилен, выхода циклоаддуктов уменьшаются несмотря на увеличение донорных свойств кратной связи. Для циклических алканов принципиальное значение имеет напряженность кратной связи, увеличение которой существенно облегчает осуществление процессов циклоприсоединения [6].

Донорные 1,3,4-оксадиазолы не склонны к циклоприсоединению с использованием эндо-диенового фрагмента. Так, 2,5-диметил-1,3,4-оксадиазол реагирует с перфторбутином-2 с образованием конденсированного циклоаддукта (**5**), являющегося продуктом первоначальной еновой реакции и последующего [4+2]-циклоприсоединения перфторбутина-2 по образовавшейся экзо-диеновой компоненте (схема 2) [10].

Схема 2

Взаимодействие 2,5-диметил-1,3,4-оксадиазола с перфторбутином-2



Таким образом, к настоящему времени определены границы применимости процессов «двойного» циклоприсоединения 1,3,4-оксадиазолов, в которых участвуют две молекулы алкена, для синтеза каркасных соединений 7-оксабициклогептанового ряда; выявлены региоселективность и стереоселективность процессов, соотношение донорных, акцепторных и стерических требований при формировании переходного состояния.

Значительный интерес представляют реакции «внутримолекулярного» циклоприсоединения, приводящие к более сложным и разнообразным каркасным соединениям. Впервые такое циклоприсоединение изучено на примере реакции 2-этилсульфонил-5-трифторметил-1,3,4-оксадиазола (**1f**) с циклооктадиеном-1,5, которая приводила к образованию тетрациклического соединения (**6**) (схема 3) [11]. Реакция циклоприсоединения 2,5-бис(трифторметил)оксадиазола (**1a**) с 7-третбутоксинорборнадиеном приводит к образованию оксабисгомокубана (**7**) также по механизму «внутримолекулярного» циклоприсоединения [12], несмотря на то, что сам норборнадиен взаимодействует только по механизму «двойного» циклоприсоединения, образуя циклоаддукт (**8**).

Схема 3

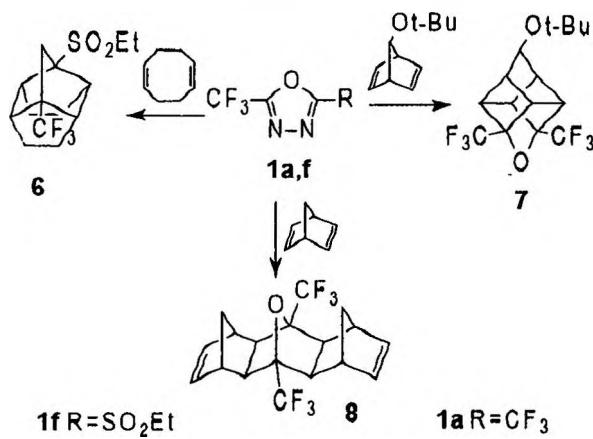
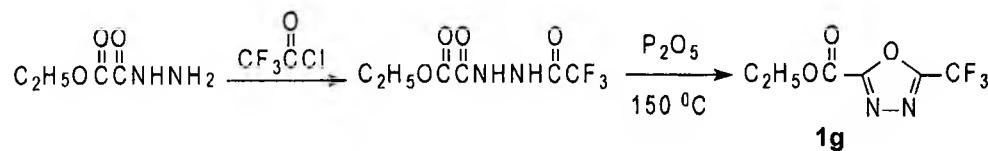
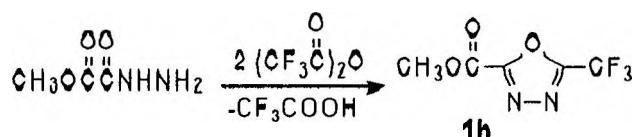
Циклоприсоединение фторированных оксадиазолов **1a** и **1f**

Схема 4

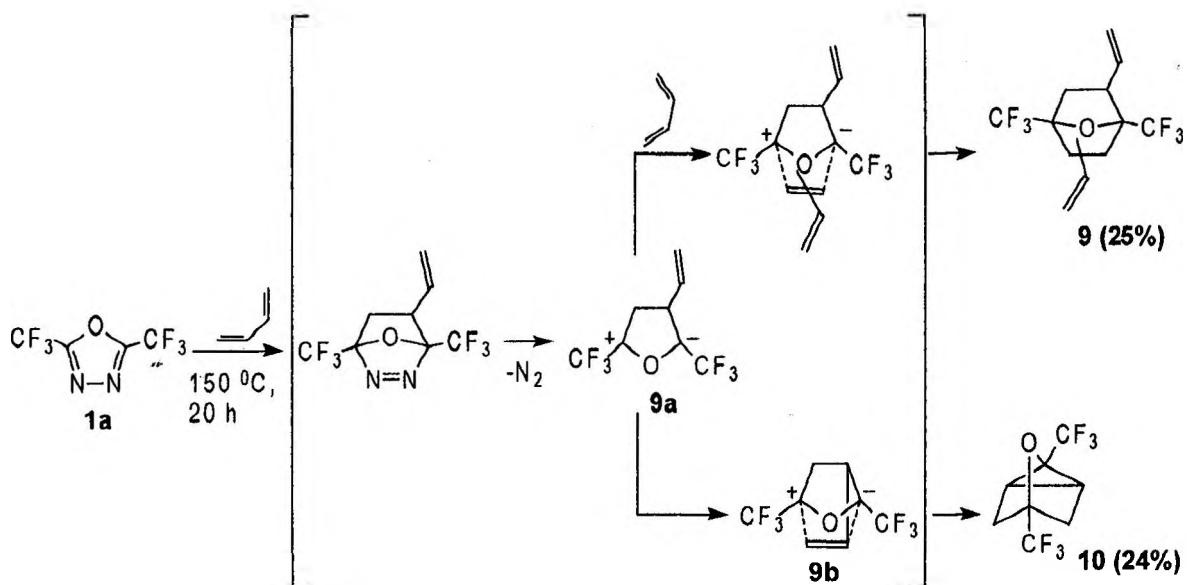
Синтез 2-трифторметил-5-алкоксикарбонил-1,3,4-оксадиазолов **1g** и **1h**



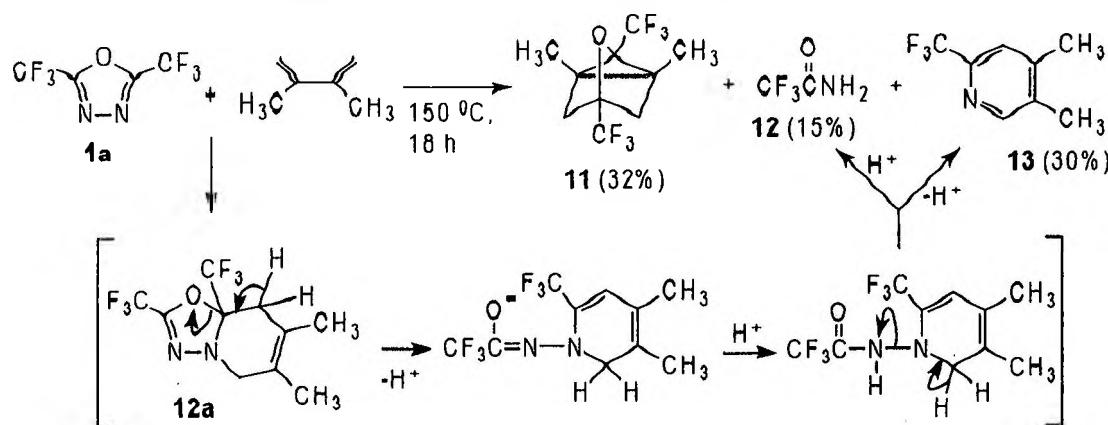
Среди ациклических диенов, в реакциях циклоприсоединения изучались: бутадиен, 2,3-диметилбутадиен, а также несопряженные диены, содержащие гетероатомы: дивиниловый эфир, дивинилсульфид, диглиоловый эфир и некоторые другие соединения с двумя кратными связями.

Взаимодействие оксадиазола **1a** с бутадиеном осуществляется в сравнительно мягких условиях и приводит к образованию как продукта «двойного» (**9**), так и продукта «внутримолекулярного» циклоприсоединения (**10**). Поскольку летучесть соединения **10** существенно выше, чем летучесть соединения **9**, то разделение этих продуктов методом фракционной перегонки не составляет затруднений. Соотношение выходов продукта «двойного» **9** и «внутримолекулярного» циклоприсоединения **10** приблизительно 1:1. Соединения **9** и **10**, являются результатом циклоприсоединения карбонил-илида (**9a**) (схема 5). Соединение **9** является результатом взаимодействия **9a** со второй молекулой бутадиена, но образование оксатрициклогептана **10** является результатом внутримолекулярного циклоприсоединения.

Схема 5

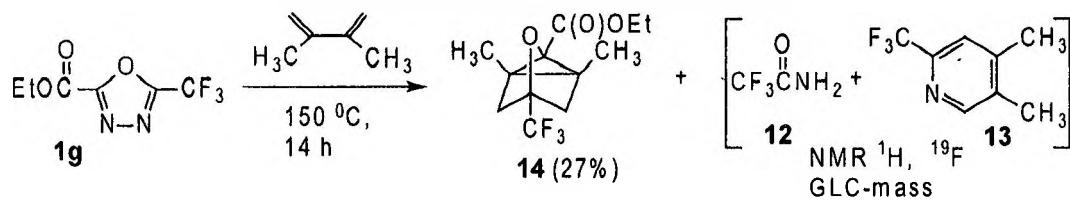
Взаимодействие оксадиазола **1a** с бутадиеном

2,3-Диметилбутадиен взаимодействует с оксадиазолом **1a** более сложно. В ходе этой реакции не образуется продукт «двойного» циклоприсоединения, вместе с тем, авторами [4] был выделен продукт «внутримолекулярного» циклоприсоединения (**11**), а также трифторацетамид (**12**) и 2-трифторметил-4,5-диметилпиридин (**13**). Образование соединений **12** и **13** объясняется повышенной активностью 2,3-диметилбутадиена, который сам выступает в качестве 1,3-диена по отношению к C=N-кратной связи оксадиазола **1a** ([4+2]-циклоприсоединение), образуя малоустойчивый циклоаддукт (**12a**). В результате последующих ионных превращений циклоаддукта **12a** с раскрытием оксадиазолинового цикла и элиминированием трифторацетамида **12** происходит образование пиридина **13** (схема 6).

Взаимодействие оксадиазола **1a** с 2,3-диметилбутадиеном

Оба процесса циклоприсоединения реализуются со сравнимыми скоростями и характерны при взаимодействии оксадиазолов с 2,3-диметилбутадиеном. Подтверждением этого является реакция оксадиазола **1g** с 2,3-диметилбутадиеном, которая приводит к схожему результату – образованию продукта внутримолекулярного циклоприсоединения (**14**), а также трифторацетамида **12** и пиридина **13**, последние в этом процессе фиксировались методом хромато-масс-спектрометрии и ЯМР-спектроскопии. Процесс «внутримолекулярного» циклоприсоединения **1g** осуществляется региоспецифично, так, наблюдается образование исключительно оксатрициклогептана **14** (схема 7). Судя по образованию соединений **12** и **13**, [4+2]-циклоприсоединение 2,3-диметилбутадиена с оксадиазолом **1g** осуществляется неспецифично, вместе с тем уретан и 2-этоксикарбонил-4,5-диметилпиридин, которые могли образоваться в этой реакции не были зафиксированы.

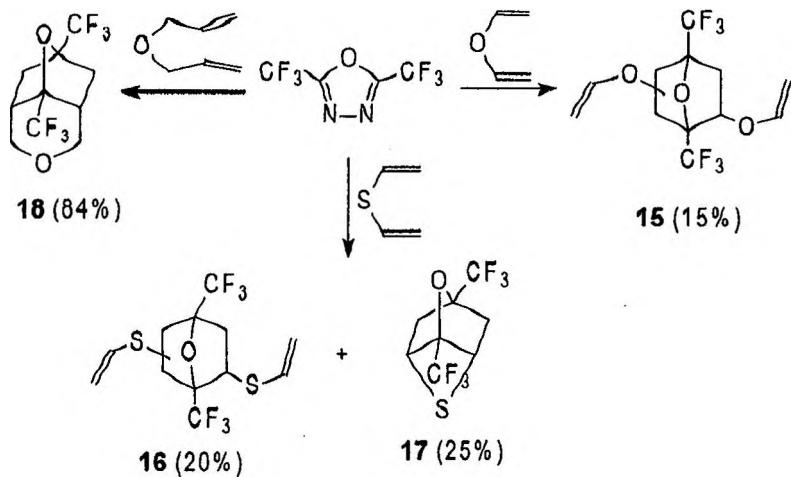
Схема 7

Взаимодействие оксадиазола **1g** с 2,3-диметилбутадиеном

Взаимодействие оксадиазола **1a** с дивиниловым эфиром осуществляется только в жестких условиях и при этом с невысоким выходом образуется только продукт «двойного» циклоприсоединения (**15**). Дивинилсульфид реагирует с оксадиазолом **1a** в более мягких условиях и образует как продукт «двойного» (**16**), так продукт «внутримолекулярного» циклоприсоединения (**17**). Реакция оксадиазола **1a** с диаллиловым эфиром осуществляется эффективно с образованием исключительно продукта «внутримолекулярного» циклоприсоединения (**18**) (схема 8).

Схема 8

Взаимодействие оксадиазола **1a** с дивиниловым эфиром, дивинилсульфидом и диаллиловым эфиrom

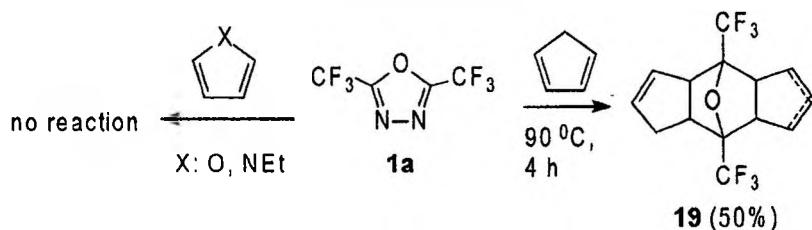


Среди циклических диенов в реакциях циклоприсоединения рассматриваютсѧ: цикlopентадиен, фуран, N-этилпиррол, циклогексадиен-1,3, циклогексадиен-1,4, циклогептатриен, циклооктадиен-1,5.

Взаимодействие цикlopентадиена с оксадиазолом **1a** осуществляется уже при 90–100°C, то есть в условиях чрезвычайно мягких для этих процессов. Реакция приводит только к образованию продукта «двойного» циклоприсоединения (**19**) (схема 9). Фуран не взаимодействует с оксадиазолами **1a,c** даже при температуре выше 200°C. В реакционной смеси, состоящей из N-этилпиррола и оксадиазола **1a** реакция не наблюдается до температур 190–200°C, после чего происходит разложение.

Схема 9

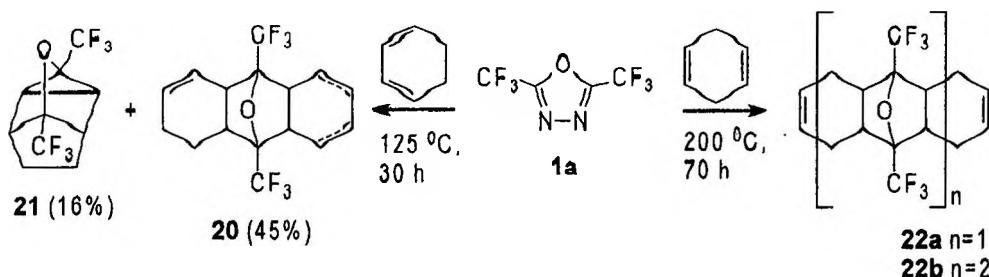
Взаимодействие оксадиазола **1a,c** с цикlopентадиеном, фураном и N-этилпирролом



Циклогексадиен-1,3 взаимодействует с оксадиазолом **1a** при 125°C, образуя в большей степени продукт «двойного» циклоприсоединения (**20**), а также и продукт «внутримолекулярного» циклоприсоединения (**21**). Циклогексадиен-1,4 существенно отличается от своего изомера и вступает во взаимодействие только при 200°C с образованием смеси соединений (**22 a,b**), которые являются продуктами «двойного» циклоприсоединения (схема 10).

Схема 10

Взаимодействие оксадиазола **1a** с циклогексадиеном-1,3 и циклогексадиеном-1,4

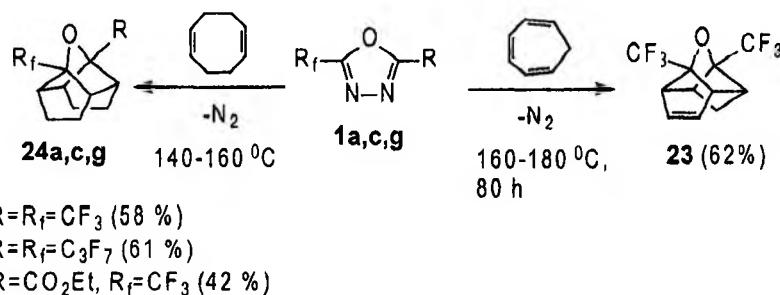


Реакция оксадиазола **1a** с циклогептатриеном осуществляется в достаточно жестких условиях, но вместе с тем приводит к образованию продукта «внутримолекулярного» циклоприсоединения тетрациклоцена (**23**) с удовлетворительным выходом (схема 11). Оксадиазол **1c** не реагирует в аналогичных условиях с циклогептатриеном.

Реакции оксадиазолов **1a,c,g** с циклооктадиеном-1,5 реализуются только как процессы «внутримолекулярного» циклоприсоединения. Наиболее легко реагирует оксадиазол **1g** ($140\text{ }^{\circ}\text{C}$, 6 часов), затем оксадиазол **1a** ($150\text{ }^{\circ}\text{C}$, 25 часов) и наиболее длительно реализуется циклоприсоединение оксадиазола **1c** ($160\text{ }^{\circ}\text{C}$, 80 часов).

Схема 11

Взаимодействие фторированных оксадиазолов с циклогептатриеном и циклооктадиеном-1,5



- 24a:** $\text{R}=\text{R}'=\text{CF}_3$ (58 %)
24c: $\text{R}=\text{R}'=\text{C}_3\text{F}_7$ (61 %)
24g: $\text{R}=\text{CO}_2\text{Et}$, $\text{R}'=\text{CF}_3$ (42 %)

Такие различия реакционной способности оксадиазолов **1a,c,g** соответствуют орбитальным характеристикам их молекул. Энергии НСМО и ВЗМО, рассчитанные методом G 6-31* составляют 2.53 eV, -12.33 eV(**1a**); 2.25 eV, -12.28 eV(**1c**); 1.98 eV, -11.76 eV(**1g**).

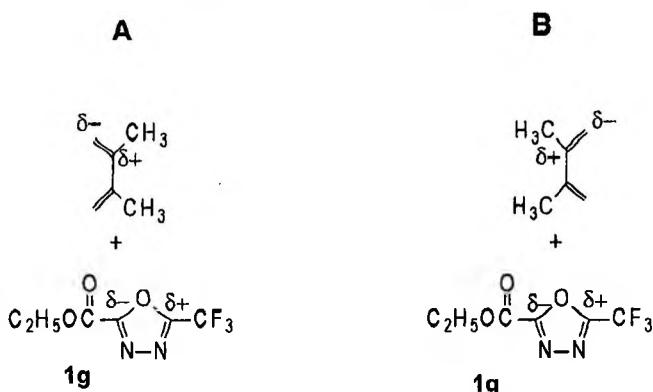
В целом к настоящему времени не удалось обнаружить связь между строением исходных диенов или оксадиазолов и предпочтительностью образования продуктов «внутримолекулярного» циклоприсоединения или «двойного» циклоприсоединения. Казалось вероятным, что этот вопрос связан со стереохимией сближения реагентов, то есть первоначальным экзо- либо эндо- присоединением кратной связи к оксадиазольному кольцу.

Наиболее интересным вопросом, возникающим при изучении реакций циклоприсоединений 1,3,4-оксадиазолов является вопрос о стереохимии такого циклоприсоединения. На примере взаимодействия оксадиазола **1g** с 2,3-диметилбутадиеном, авторами работы [3] зафиксирована специфичность реакции с образованием оксатрициклогептана **14** (схема 7). Образование единственного изомера плохо согласуется с теоретическими представлениями об орбитальном контроле реакций

цикlopрисоединения, а также не согласуется с зарядовым контролем при формировании переходного состояния. Так, образованию соединения **14** соответствует ориентация исходных реагентов – **B**, в то время, как в соответствии с зарядовым распределением должно было бы происходить образование продукта цикlopрисоединения обратной ориентации, соответствующей первоначальному сближению реагентов – **A** (рис. 1). Этот результат является нетривиальным и определяет целесообразность дальнейшего исследования реакций цикlopрисоединения несимметричного оксадиазола **1g**.

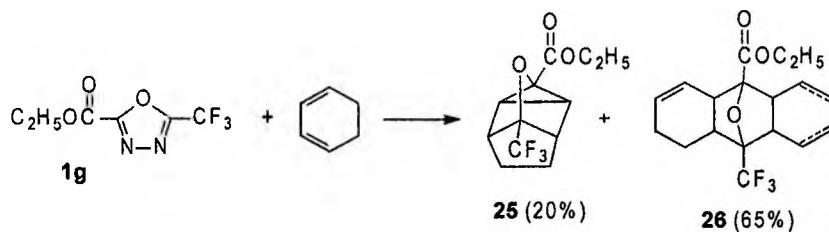
Схема
12

Схема 12

Образование изомера **1g**

Стереохимическую направленность реакций цикlopрисоединения оксадиазола **1g** казалось возможным изучить в реакциях с реагентами циклического типа – 1,3-циклогексадиеном и 1,3,5-циклогептатриеном. Реакция оксадиазола **1g** с 1,3-циклогексадиеном начинается уже при 130°C, а при проведении реакции при температурах 150–160°C в течение 66 часов процесс осуществлялся с 80% конверсией. При перегонке в вакууме реакционной смеси были выделены две основные фракции и изучены их физико-химические и спектральные свойства. Оказалось, что более легко летучая фракция представляет собой продукт внутримолекулярного циклоприсоединения **25**. В спектре ЯМР¹Н соединения **25** присутствует только 5 сигналов, что соответствует одному из возможных изомеров. Высококипящая фракция состоит из нескольких изомеров одного состава, что подтверждается хромато-массспектрометрией. В спектре ЯМР¹Н этой фракции присутствуют 5 групп сигналов в характеристических областях. Следует отметить, что выхода соединений **25** и **26** составляют 20 и 65%, соответственно, и, таким образом, процесс двойного присоединения, заканчивающийся образованием соединения **26** имеет преимущественный характер. Следует отметить, что стереоспецифичность образования **25** подтверждает данные, полученные ранее об отсутствии зарядового контроля в процессе циклоприсоединения **1g**.

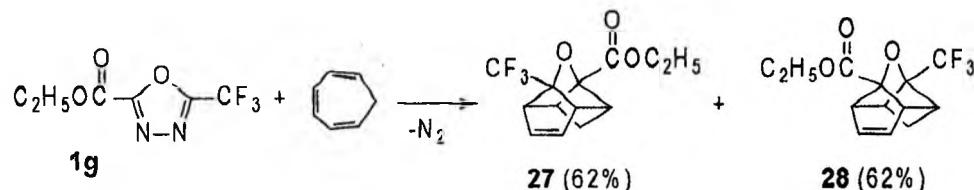
Схема 13

Взаимодействие фторированного оксадиазола **1g** с циклогексадиеном-1,3

Взаимодействие оксадиазола **1g** с циклогептатриеном осуществляется в аналогичных условиях, при 150–160°C в течение 40 часов. Процесс реализуется практически целиком по механизму внутримолекулярного циклоприсоединения, однако нестереоспецифично, с образованием смеси изомеров **27** и **28**, о чем свидетельствуют спектры ЯМР¹Н и данные хромато-масс-спектрометрии. В спектре ЯМР¹Н соединений **27** и **28** наблюдаются все характеристические группы сигналов, соответствующие приведенным структурам. Следует отметить, что в этом процессе практически не наблюдается образование продуктов двойного циклоприсоединения, что указывает на предпочтительность реакций внутримолекулярного типа в данном случае и определяется, по-видимому, выгодной геометрией переходного состояния.

Схема 14

Взаимодействие фторированного оксадиазола с циклогептатриеном-1,3,5



Таким образом, изучение реакций циклоприсоединения несимметричного оксадиазола **1g** с несимметричными аддендами позволяет сделать следующий вывод: стереоспецифичность процессов циклоприсоединения внутримолекулярного типа определяется стерическими требованиями при формировании переходных состояний. В конкретном случае циклоприсоединения фторированного оксадиазола **1g** увеличенный объем этоксикарбонильного заместителя определяет его ориентацию, в нарушение зарядового контроля, к менее стерически требовательному трехчленному циклу – в соединениях **14**, **25**. В случаях образования соединений **27**, **28** различия в стереодоступности двух возможных ориентаций, определяющиеся напряжением за счет метиленового или этилениденового мостиков, существенно ниже, что и определяет отсутствие стереоспецифичности.

В работе использовались коммерчески доступные реагенты, которые перед реакциями подготавливались в соответствии с известными рекомендациями, приведенными в [13]. ¹Н ЯМР спектры сняты на приборе Bruker AC-300 при рабочей частоте 300.1 MHz, в растворах CDCl₃. Тетраметилсилан был использован в качестве внутреннего стандарта. Хромато-масс-спектрометрия выполнена на хромато-масс-спектрометре HP 5890 II HP 5972A MSD.

Общая методика циклоприсоединения оксадиазола **1g**

Смесь оксадиазола **1g** (0.019 mol) и соответствующего диена (0.019 mol) нагревали в запаянной ампуле, затем ампулу вскрывали и перегоняли в вакууме.

4-Этоксикарбонил-6-трифторметил-5 оксатетрацикло [4.3.0.0^{2,4}.0^{3,7}] nonан (25)

Т. кип. 110°C при 10 мм рт.ст., n_D²⁰ 1,4570. ¹Н ЯМР (CDCl₃): δ 1,3 (т, 3H, CH₃); 1,9 (м, 4H, 2CH₂); 2,2 (уш.с, 2H, 2CH); 2,4 (уш.с, 2H, 2CH); 4,25 (к, 2H, CH₂).

1(8)-Этоксикарбонил-8(1)-трифторметил-15-оксатетрацикло-[6.6.1.0^{2,7}.0^{9,14}] пентадека-3,12(10)-диен (26)

Т. кип. 130°C при 1 мм рт.ст., n_D²⁰ 1,4880. ¹Н ЯМР (CDCl₃): δ 1,3 (уш.т, 3H, CH₃); 1,6-2,1 (м, 8H, 4CH₂); 2,4-2,8 (м, 4H, 4CH); 4,3 (м, 2H, CH₂); 5,5-6,1 (м, 4H, 4HC=).

5,7 (7,5)-Этоксикарбонилтрифторметил-6-оксатетрацикло-[5.3.0.0^{2,5}.0^{4,8}] децены (27), (28)

Т. кип. 90°C при 1 мм рт.ст., n_D^{25} 1,4630. ^1H ЯМР (CDCl_3): δ 1,35 (ущ.т, 3H, CH_3); 1,5-1,7 (м, 2H, CH_2); 1,8-2,1 (м, 2H, 2CH); 2,5-3,1 (м, 2H, 2CH); 5,6-6,1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паталаха А.В., Бузаев А.В. Физические и химические свойства норборнадиена. – М.: Изд-во ВИНИТИ, 1992. – Т. 23.
2. Petrov V.A., Vasil'ev N.V. Обзор: «Synthetic Chemistry of Quadricyclane» Current organic Synthesis. – V. 3, № 2. – P. 215–259.
3. Vasil'ev N.V., Lyashenko Y.E., Kolomietz A.F., Sokolski G.A., Khim. Geterotsikl. Soedin., SSSR, (1987), 562–564.
4. Seitz C., Wassmuth H., Chem.-Ztg., 112, (1988), 80–81.
5. Thalhammer F., Wallfahrer V. and Sauer J., Tetrahedron Lett., 29, (1988), 3231–3234.
6. Vasil'ev N.V., Lyashenko Y.E., Galahov M.V., Kolomietz A.F., Gontar A.F., Sokolski G.A., Khim. Geterotsikl. Soedin., SSSR, (1990), 95–100.
7. Lyashenko Y.E., Vasil'ev N.V., Gontar A.F., Sokolski G.A., SU Patent 1553533, (1990).
8. Vasil'ev N.V., Lyashenko Y.E., Patalakha A.E., Sokolski G.A., J. Fluor. Chem., 65, (1993), 227–31.(не перев.).
9. Golovin A.V., Vasil'ev N.V., Rodin A.A., Kolomietz A.F., Sinyakov Y.V, Reingand L.M., Zh. Obsch. Khim., 59, (1989), 2698.
10. Koshelev V.M., Chehlov A.N., Vasil'ev N.V., Gontar A.F., I.V. Martynov, Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Khim., (1988), 744.
11. Zeitz G., Gerninghans C.H., Pharmazie, 49, (1994), 102–106.
12. Warrener R.N., Elsey G.M., Russell R.A., E.R.T. Tiekkink, Tetrahedron Lett., 36, (1995), 5275–5278.
13. Gordon A.J., Ford R.A., The Chemist's companion – Wiley-interscience publication, New York-London-Sydney-Toronto, 1972.

Гавриленко Е.В.

*Государственное природоохранное учреждение
«Мосэкомониторинг» (ГПУ «Мосэкомониторинг»)*

Исаева Л.Г.

*Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН (ИППЭС КНЦ РАН)*

ВНЕРИЗОСФЕРНО-РИЗОСФЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ ФОНОВЫХ И НАРУШЕННЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В работе рассмотрены внеизосферно-rizосферные особенности изменения кислотности Al-Fe-гумусовых почв фоновых старовозрастных и нарушенных сосновых лесов по генетическим горизонтам и микрозонам. Выявлено, что в ризосфере сосновых лесов по мере приближения к источнику загрязнения происходит подщелачивание почв и снижение обменной кислотности, а также сглаживание ризосферно-внеизосферных различий.

Gavrilenko E.

State Environmental Protection Company «Mosecomonitoring»

Isaeva L.

*Institute of North Ecological Problems of the Kola Science
Centre of Russian Academy of Science (INEP KSC RAS)*

RHIZOSPHERIC-NON RHIZOSPHERIC DIFFERENCE IN ACIDITY FORMING AT UNDISRURBED OLDBGROWTH AND INDUSTRIALLY DISTURBED PINE FORESTS IN KOLA PENINSULA

Soil-root compartment (rhizoplane, rhizosphere and bulk soil) features of acidity in Al-Fe-humus-podsolic soils of old-age and industrially disturbed pine forests are studied. It was found that as approach to the smelter in rhizosphere soil alkalinization and exchange acidity decreasing was observed. Rhizospheric-nonrhizospheric differences in disturbed pine forests become less significant.

Введение

Важнейшим фактором формирования питательного режима является кислотность почв и их поглотительная способность [1]. В формировании кислотно-основных свойств почв важная роль принадлежит процессам, обусловленным жизнедеятельностью корней. Эти процессы способствуют формированию вокруг корней растения уникальной зоны – ризосфера [9]. Почва в этой зоне подвергается более интенсивному выщелачиванию и накапливает большее количество кислотных агентов и основных катионов в сравнении с почвой, находящейся на удалении от корней [7].

Процессы формирования кислотности почв в значительной мере различаются в фоновых условиях и под воздействием аэротехногенного загрязнения. Кислотность почв, подверженных кислотным выпадениям, зависит от запаса катионов в почвенном поглощающем комплексе, скорости выветривания почвенных минералов, количестве и продолжительности выпадений. [3] Под влиянием аэротехногенного загрязнения наблюдаются значительные изменения в ризосферных процессах.

Являясь во многом зависимой от состояния растительности и деятельности микроорганизмов, ризосфера меняет свои физико-химические свойства в зависимости от степени повреждения растительности и вариаций биомассы почвенных микроорганизмов.

В связи с возрастающим интересом к роли ризосферы в биогеохимических процессах в лесных экосистемах, целью данного исследования явилось изучение роли ризосферы в формировании кислотности почв сосновых лесов Кольского полуострова в фоновых условиях и под воздействием аэротехногенного загрязнения.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований послужили Al-Fe-гумусовые подзолы старовозрастных сосняков кустарничкового лишайниково-зеленомошного и кустарничково-лишайникового типа и нарушенных сосняков, произрастающих в зоне воздействия выбросов предприятия медно-никелевой промышленности «Североникель». Все объекты исследования располагались в центральной материковой части Кольского полуострова.

Отбор образцов корней проводили в августе 2000 г. из почвенных высечек, взятых пробоотборником диаметром 5 см до глубины 20–25 см в приствольных зонах, в середине кроны и в межкроновых пространствах. Пробы разбирали по фракциям: ризосфера (ризоплана и 3–5 мм от корней) и вне ризосферы [8].

Актуальную кислотность почв (pH) измеряли потенциометрически в водной вытяжке, используя соотношение почва : раствор для органогенных горизонтов 1:25 и для минеральных горизонтов как 1:2.5. Обменную и гидролитическую кислотность определяли в вытяжках 1N KCl 1M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ($pH=7.0$) соответственно. Использовали те соотношения почвы и вытеснителя, что и при определении pH . Суспензии оставляли на ночь, затем встряхивали в течение часа и фильтровали.

Результаты

Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2, где M – среднее значение, m – стандартная ошибка, нд – нет данных.

Актуальная кислотность (pH)

Вопреки бытующим представлениям о возрастающей актуальной кислотности почв по мере приближения к источнику загрязнения при переходе от фонового состояния через стадию дефолиации к техногенным редколесьям, в сосновых лесах наблюдается подщелачивание почв, что, во-первых, связано с резким снижением содержанием органического вещества [2], а во-вторых, с действием как аллогенного (загрязняющие вещества), так и аутогенного (сукцессия биогеоценозов) факторов [4]. В зоне ризосферы актуальная кислотность органических горизонтов на стадии интенсивной дефолиации и техногенных редколесий сопоставима с фоновыми значениями почв старовозрастных лесов, что свидетельствует о снижении роли аутогенного кислотообразования, в частности, об уменьшении содержания фульвокислот из-за снижения количества свежих растительных остатков [2]. Вне зоны ризосферы в лесах, подверженных воздействию техногенного загрязнения, наблюдается возрастание актуальной кислотности, причем при переходе из элювиального горизонта в иллювиальный происходит резкий скачок в сторону увеличения pH , подобные тенденции наблюдаются и при сравнении этого параметра между микрозонами. Так, в техногенных редколесьях pH приствольной микрозоны составляет 4.04,

Таблица 1

Параметры кислотности почвы в зоне ризосферы в сосновых лесах
Мурманской области

Тип леса	Проекция кроны	Почвенный горизонт	рН	Гидролитическая кислотность	Обменная кислотность
				$M \pm m$	
Сосняк кустарничково-лишайниково-зелено-мошный	Приствольная зона	A_0	3.80 ± 0.10	202.18 ± 8.05	10.24 ± 1.65
		A_2	4.20 ± 0.04	14.83 ± 0.90	0.75 ± 0.16
		B	4.34 ± 0.05	10.68 ± 5.48	1.79 ± 0.29
	Середина кроны	A_0	4.01 ± 0.11	169.08 ± 8.14	6.89 ± 0.97
		A_2	4.26 ± 0.06	13.68 ± 0.93	0.77 ± 0.16
		B	4.34 ± 0.02	10.04 ± 10.04	2.12 ± 0.23
	Межкроновое пространство	A_0	4.19 ± 0.03	158.29 ± 6.48	5.87 ± 0.24
		A_2	4.37 ± 0.12	14.85 ± 0.42	0.64 ± 0.17
		B	4.52 ± 0.00	н.д.	н.д.
Сосняк кустарничково-лишайниковый	Приствольная зона	A_0	3.82 ± 0.05	145.32 ± 7.33	7.32 ± 0.48
		A_2	4.22 ± 0.04	12.58 ± 0.30	1.82 ± 0.50
		B	4.16 ± 0.04	15.12 ± 0.76	2.15 ± 0.43
	Середина кроны	A_0	3.82 ± 0.05	144.28 ± 7.83	8.45 ± 0.92
		A_2	4.23 ± 0.06	12.10 ± 0.44	1.08 ± 0.06
		B	4.30 ± 0.05	13.33 ± 0.58	1.45 ± 0.15
	Межкроновое пространство	A_0	3.91 ± 0.03	137.66 ± 6.42	7.30 ± 0.92
		A_2	4.29 ± 0.06	12.39 ± 0.52	1.18 ± 0.12
		B	4.37 ± 0.04	13.03 ± 0.25	1.14 ± 0.17
Дефолицирующий лес	Приствольная зона	A_0	4.05 ± 0.11	139.51 ± 9.46	9.51 ± 1.34
		A_2	4.18 ± 0.10	12.49 ± 0.13	1.34 ± 0.10
		B	4.48 ± 0.10	14.46 ± 0.83	1.92 ± 0.42
	Середина кроны	A_0	4.05 ± 0.11	136.82 ± 8.16	8.53 ± 0.91
		A_2	4.26 ± 0.04	12.83 ± 0.36	1.64 ± 0.11
		B	4.60 ± 0.11	14.26 ± 0.82	1.77 ± 0.50
	Межкроновое пространство	A_0	3.99 ± 0.09	155.24 ± 13.90	9.51 ± 2.35
		A_2	4.31 ± 0.06	13.25 ± 0.40	1.55 ± 0.09
		B	4.43 ± 0.17	16.18 ± 1.39	2.60 ± 0.78
Техногенное редколесье	Приствольная зона	A_0	4.04 ± 0.08	121.39 ± 3.08	7.72 ± 0.77
		A_2	4.13 ± 0.12	12.39 ± 0.42	2.05 ± 0.11
		B	4.49 ± 0.08	12.78 ± 0.01	2.71 ± 0.38
	Середина кроны	A_0	4.21 ± 0.03	135.88 ± 5.85	9.37 ± 0.52
		A_2	4.27 ± 0.04	12.25 ± 0.49	2.24 ± 0.22
		B	4.63 ± 0.03	13.17 ± 0.72	1.94 ± 0.33
	Межкроновое пространство	A_0	7.27 ± 0.10	130.36 ± 3.24	8.41 ± 0.66
		A_2	4.33 ± 0.04	12.48 ± 0.15	2.32 ± 0.23
		B	4.67 ± 0.10	12.50 ± 1.10	1.74 ± 0.47

Таблица 2

Параметры кислотности почвы вне зоны ризосферы в сосновых лесах
Мурманской области

Тип леса	Проекция кроны	Почвенный горизонт	рН	Гидролитическая кислотность	Обменная кислотность
				$M \pm m$	
Сосняк кустарничково-лишайниково-зелено-мощный	При-ствольная зона	A_0	4.23 ± 0.11	142.15 ± 10.16	3.87 ± 0.27
		A_2	4.33 ± 0.05	14.05 ± 0.52	0.58 ± 0.13
		B	4.49 ± 0.06	16.69 ± 0.58	1.46 ± 0.26
	Середина кроны	A_0	4.29 ± 0.12	149.69 ± 3.81	5.14 ± 1.46
		A_2	4.33 ± 0.07	14.13 ± 0.48	0.80 ± 0.19
		B	4.53 ± 0.02	16.74 ± 0.96	1.41 ± 0.29
	Межкроновое пространство	A_0	4.60 ± 0.05	131.80 ± 10.01	2.80 ± 0.24
		A_2	4.54 ± 0.08	13.85 ± 0.15	0.46 ± 0.08
		B	4.69 ± 0.04	16.52 ± 0.53	0.94 ± 0.18
Сосняк кустарничково-лишайниковый	При-ствольная зона	A_0	4.13 ± 0.03	122.72 ± 2.91	4.29 ± 0.26
		A_2	4.26 ± 0.03	13.02 ± 0.40	1.05 ± 0.08
		B	4.32 ± 0.05	13.56 ± 0.50	1.53 ± 0.10
	Середина кроны	A_0	4.20 ± 0.04	121.53 ± 1.19	3.61 ± 0.22
		A_2	4.31 ± 0.01	12.25 ± 0.29	1.06 ± 0.05
		B	4.40 ± 0.04	13.22 ± 0.33	1.05 ± 0.09
	Межкроновое пространство	A_0	4.35 ± 0.04	118.53 ± 2.17	3.84 ± 0.51
		A_2	4.40 ± 0.12	12.38 ± 0.15	1.18 ± 0.18
		B	4.45 ± 0.03	12.79 ± 0.18	1.02 ± 0.17
Дефолицирующий лес	При-ствольная зона	A_0	н.д.	н.д.	н.д.
		A_2	4.09 ± 0.06	11.05 ± 0.58	1.26 ± 0.11
		B	4.45 ± 0.13	12.87 ± 0.29	1.55 ± 0.37
	Середина кроны	A_0	н.д.	н.д.	н.д.
		A_2	4.22 ± 0.03	10.41 ± 0.67	1.45 ± 0.04
		B	4.45 ± 0.07	12.96 ± 0.20	1.26 ± 0.11
	Межкроновое пространство	A_0	н.д.	н.д.	н.д.
		A_2	4.25 ± 0.03	11.35 ± 0.89	1.20 ± 0.04
		B	4.47 ± 0.11	13.77 ± 1.42	2.17 ± 0.76
Техногенное редколесье	При-ствольная зона	A_0	н.д.	н.д.	н.д.
		A_2	4.00 ± 0.07	13.71 ± 0.29	2.05 ± 0.11
		B	4.36 ± 0.11	15.23 ± 0.29	2.47 ± 0.37
	Середина кроны	A_0	н.д.	н.д.	н.д.
		A_2	4.20 ± 0.02	13.02 ± 0.42	1.98 ± 0.18
		B	4.62 ± 0.06	14.07 ± 0.52	1.43 ± 0.41
	Межкроновое пространство	A_0	н.д.	н.д.	н.д.
		A_2	4.27 ± 0.03	13.88 ± 0.56	2.24 ± 0.21
		B	4.76 ± 0.07	14.79 ± 1.87	1.50 ± 0.46

а в межкроновом пространстве достигает значений 4.27. Подобные резкие колебания кислотности связаны со значительным обеднением органогенных горизонтов почв лесных сообществ, находящихся под техногенным прессом. В фоновых условиях снижение кислотности вглубь по профилю почвы и по мере удаления от ствола дерева происходит более плавно. Миграция уже сформировавшихся фульвокислот завершена, а те, что находятся в подстилке, блокированы тяжелыми металлами [2], что затрудняет их продвижение вглубь по профилю почв.

Отмирание живых корней наземной растительности на стадиях интенсивной дефолиации и техногенных редколесий обуславливает снижение экскреции НОК, что также способствует подщелачиванию почв, особенно в межкроновых парцелях.

Гидролитическая кислотность

Наиболее низкими значениями гидролитической кислотности характеризуются органогенные горизонты почв лесов в стадии интенсивной дефолиации и техногенных редколесий. В фоновых условиях наблюдается снижение кислотности по мере удаления от ствола дерева, в условиях загрязнения тенденция обратная – наибольшие значения гидролитической кислотности присущи межкроновым парцелям. Подобное возрастание кислотности в межкроновых пространствах техногенно-нарушенных экосистем связано с отмиранием кустарничковой растительности, а также мхов и лишайников, и увеличением растительного опада [5].

В ризосфере минеральных горизонтов дефолиирующих лесов и техногенных редколесий гидролитическая кислотность возрастает в сравнении с показателями, характерными для фоновых старовозрастных сосняков, что может быть обусловлено значительным количеством осаждающихся фульвокислот с полуторными оксидами [4].

Вне ризосферы минеральных горизонтов кислотность почв лесов, подверженных аэрохеногенному загрязнению, сопоставима по величине с фоновым сосняком лишайникового типа, что, вероятно, обусловлено низким запасом органического вещества, присущим соснякам в целом. Основная его масса концентрируется в органогенном горизонте, миграция фульвокислот вглубь по профилю выражена слабо, чем и объясняются незначительные различия в кислотности минеральных горизонтов.

Отчетливые парцелярные различия вне ризосферы наблюдаются лишь в старовозрастном сосняке кустарничково-лишайниково-зеленомошном ($p < 0.05$), в других типах сосняков они выражены слабо по причине слабого развития напочвенного покрова в фоновых условиях в соответствии с типом леса (сосняк лишайниковый), и в связи с угнетением и гибелю наземной растительности в условиях техногенного загрязнения.

Обменная кислотность

Для ризосферы органогенных горизонтов, формирующихся в приствольных микрозонах, характерны наиболее заметные различия обменной кислотности в типах леса, находящихся на разных стадиях сукцессии. Наиболее высокие значения присущи фоновому сосняку кустарничково-лишайниково-зеленомошному (10.24), затем происходит постепенное снижение этого параметра в дефолиирующих лесах (9.51) и техногенных редколесьях (7.72) и, наконец, минимума обменная кислотность достигает в фоновом сосняке лишайниковом (7.32–7.77). Выявленные различия происходят главным образом из-за изменения соотношения обменного Al^{3+} и H^+ . В фоновых условиях эти компоненты обменной кислотности находятся в относительном равновесии, а в ходе деградационной сукцессии содержание обменного

алюминия в органогенном горизонте начинает превалировать над обменным водородом в два и более раза, поскольку гибель растительности приводит к разбалансировке и подавлению механизмов нейтрализации токсичных ионов алюминия корневыми выделениями [6].

В условиях техногенного загрязнения в минеральных горизонтах ризосферы, напротив, происходит значительное возрастание обменной кислотности, вероятно это связано с высокой подвижностью соединений алюминия, вызванной активной миграцией фульвокислот вглубь по профилю почв [4].

Парцеллярные различия обменной кислотности в зоне ризосферы также носят отличный характер в разных типах леса, претерпевающих сукцессионные изменения. Можно выделить 3 типа распределения обменной кислотности по мере удаления от ствола дерева: 1) направленное снижение (сосняк кустарничково-лишайниково-зеленомошный); 2) возрастание с минимумом в середине кроны (сосняк стадии интенсивной дефолиации); 3) возрастание с максимумом в середине кроны (фоновый сосняк лишайниково-зеленомошный и техногенное редколесье). Подобные различия связаны, во-первых, с запасом органического вещества и, во-вторых, с количеством поступающего опада. В дефолиирующих лесах обменная кислотность межкronовых парцелл сопоставима по величине с приствольными по причине ее нейтрализации обменными основаниями, поступающими вместе с опадающей хвойей, богатой кальцием [3]. В старовозрастных сосняках лишайникового типа и техногенных редколесьях основным источником органического вещества также является разлагающийся растительный опад, наибольшее количество которого сконцентрировано в подкроновой парцелле, что вкупе со слабой горизонтальной миграцией обменных соединений объясняет выявленные парцеллярные особенности распределения кислотности.

Вне зоны ризосферы во всех почвенных горизонтах в фоновых условиях обменная кислотность значительно снижается в сравнении с ризосферой.

Таким образом, внеrizосферно-rizосферные различия сглаживаются по мере приближения к источнику загрязнения, что вполне объяснимо ввиду действия аэро-техногенных выбросов, проявляющихся в форме как непосредственного угнетения наземной растительности и почвенной биоты, так и в нарушении питательного режима почв вследствие выщелачивания доступных элементов питания и изменении кислотного баланса.

Выводы

1. В условиях техногенной сукцессии происходит сглаживание ризосферно-внеризосферных различий почвенной кислотности, ярко проявляющееся в фоновых условиях.

2. По мере приближения к источнику загрязнения при переходе от фонового состояния через стадию дефолиации к техногенным редколесьям в ризосфере сосновых лесов наблюдается подщелачивание почв.

3. Парцеллярные различия кислотности носят различный характер в разных типах леса, находящихся на разной стадии сукцессии. Наибольшая вариативность характерна для обменной кислотности.

4. Актуальная кислотность органических горизонтов на стадии интенсивной дефолиации и техногенных редколесий в сопоставима с фоновыми значениями почв старовозрастных лесов.

5. Наиболее низкими значениями гидролитической кислотности характеризуются органогенные горизонты нарушенных сосняков как в ризосфере, так и за ее

пределами, а наивысшими – органогенные горизонты старовозрастных сосновых.

6. В условиях техногенного загрязнения происходит снижение обменной кислотности в ризосфере органогенных горизонтах, особенно отчетливо проявляющееся в приствольных микрозонах. В межкроновых парцелях изменения выражены слабее благодаря формированию относительно устойчивого к действию поллютантов покрова из наземных кустарничков и менее интенсивному, чем под кронами, потоку загрязняющих веществ [4].

7. Вне зоны ризосферы в лесах, подверженных воздействию техногенного загрязнения, наблюдается дальнейшее возрастание актуальной кислотности, в сравнении с ризосферной фракцией. Различий гидролитической кислотности не выявлено, ее величины сопоставимы во всех типах леса. Обменная кислотность на стадии интенсивной дефолиации и в техногенных редколесьях достоверно выше во всех микрозонах в сравнении с фоновыми условиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукина Н.В., Никонов В.В. Кислотность и химический состав почвенных вод подзолистых Al-Fe гумусовых почв сосновых лесов // Лесоведение, 1996. – № 2. – С. 221–231.
2. Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения: В 2 ч. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 1996. Ч. 1. – 213 с.; Ч. 2; – 192 с.
3. Лукина Н.В., Никонов В.В. Питательный режим лесов северной тайги. Природные и техногенные аспекты. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 1998. – 316 с.
4. Лукина Н.В., Сухарева Т.А., Исаева Л.Г. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. – М.: Наука, 2005. – 244 с.
5. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Артьхов Д.Б., Коробова Н.Л., Пахомов А.П., Толпешта И.И. Полевое моделирование первых стадий взаимодействия кислых осадков с лесными подзолистыми почвами // Почвоведение, 1996. – № 7. – С. 847–856.
6. Dieffenbach A., Gottlein A and Matzner E. *In situ* soil solution chemistry in an acid forest soil as influenced by growing roots of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] trees // Plant Soil, 1997, V.192, P. 157–161.
7. Gobran G.R., Clegg S., Courchesne F. Rizospheric prosess influensing the biogeochemistry of forest ecosystem // Biogeochemistry. 1998, № 42, P. 107–120.
8. Van Hees P.A.W., Lundstrom U.S., Gleisler R. Low molecular weight acids and their Al complexes in soil solutions – composition, distribution and seasonal variation in three podzolized soils // Geoderma, 200, № 94, P. 173–200.
9. Jones D.L. and Darrah P.R. Role of the root-derived organic acids in mobilization of nutrients from the rhizosphere // Z. Pflanzenernahr. Bodenkd, 1986, V.149, P. 411–427.

Матвеев Н.П.

Московский государственный
областной университет (МГОУ)

РЕЧНАЯ СИСТЕМА

В статье рассмотрены определение, свойства, структура, модель речной системы, ее функциональное назначение, топология и регулирование.

Matveev N.P.

Moscow State Regional University (MSRU)

RIVER SYSTEM

The article discussed some properties, structure, divisions river system functional her appointment, topology and its regulation.

Определение. Свойства. Понятия

В природе наблюдается множество систем. Речные системы – одни из них. Каждая конкретная система выполняет определенные, характерные для нее функции, имеет свою структуру и обладает присущими ей свойствами и законами. Но есть общие законы для всех систем, изучение которых позволит лучше понять функционирование конкретных систем.

Закономерности, свойственные абстрактным системам, присущи и речным системам. Основы теории систем заложил русский ученый А.А. Богданов (1925–1929). Однако его идеи намного опередили развитие научной мысли и не были вос требованы. Прошло более 30 лет, прежде чем появились работы Берталанффи (1969), У. Эшби (1959), в которых вновь были поставлены вопросы общей теории систем. Системный подход нашел применение в различных областях естествознания, в том числе и в геоморфологии и географии. Берталанффи определяет системы как «любое множество элементов, любой материальной природы, которые находятся в определенных отношениях друг к другу».

Определение систем Берталанффи достаточно емкое, охватывает и речные системы, но его считали слишком абстрактным. В дальнейшем в определении систем ввели целый ряд признаков и свойств, подчеркнув их функциональное назначение (Милсум, 1968).

В биокибернетике дается следующее определение системе (Коган, 1977) – «Система – совокупность взаимодействующих между собой относительно элементарных структур или процессов, объединяющихся в целое для выполнения некоторой общей функции, не сводимых к функциям ее компонентов. Признаки системы: она 1) взаимодействует со средой и другими системами как единое целое; 2) состоит из иерархии подсистем более низких уровней; 3) является подсистемой для систем более высокого порядка; 4) сохраняет общую структуру взаимодействия элементов при изменении внешних условий и внутреннего состояния» (с. 11–12). Этим условиям вполне удовлетворяют речные системы.

Речная система – совокупность рек, речек, их суходольной сети, обладающей определенной организацией, выраженной в виде дерева, представляющая собой усилитель, направленный на эффективное выполнение основной функции – осуществлять сток с территории, являющейся водосбором речной системы. В состав

речной системы, кроме речной и суходольной сети входят водосборы и водоразделы, без которых невозможно ни функционирование, ни существование рек.

Каждая система имеет функциональное назначение. От этого зависит ее структура, иерархия, упорядоченность, организация и другие свойства системы.

Основное назначение речной системы — осуществлять функции стока. Оптимально выполнять эту функцию речная система может только при определенной структуре — упорядоченности, организованности, которая выражается в виде древовидной структуры.

Речная система — вероятностная система. Для оценки степени ее организации можно применить такие показатели, как коэффициент корреляции, дисперсии, среднего квадратичного отклонения и др. При высоком коэффициенте корреляции организация речной системы более высокая.

Степенью упорядоченности, организованности можно считать соответствие речной системы, ее блоков и элементов природным условиям. Чем выше уровень организации, тем теснее связи ее блоков и элементов с природными факторами географической среды.

На речную систему воздействует множество природных, часто изменяющихся факторов, которые вызывают возмущение. Блоки и элементы системы по-разному реагируют на эти возмущения. Если возмущения не превышают определенного предела, то система с ними справляется. Но при возмущениях, превышающих энергетические возможности, система может с ними не справиться и начнутся ее изменения. Например, частичная вырубка лесов на водосборе рек не оказывается на речной сети, но при достижении рубок выше некоторого предела, реки начинают заливаться, сокращаться и даже могут исчезнуть, изменяются разливы половодий, затопление поймы, твердый сток.

Организация речных систем тем выше, чем больше ее разнообразие, т.е. количество элементов и блоков: рек, узлов слияния, водосборных поверхностей и других элементов. Подразделение системы на отдельные блоки и подсистемы с меньшими функциями позволяет лучше им адаптироваться к окружающим условиям и лучше функционировать в данных природных условиях. Организованные системы более устойчивы. Крупные речные системы прослеживаются на нескольких поверхностях выравнивания, разделенных миллионными интервалами времени. Многие речные долины прослеживаются в доюрских и доледниковых поверхностях. Носителями устойчивости выступают рельеф и литология. По-видимому, играют определенную роль прочность, трещиноватость горных пород и тектонические структуры.

Все системы принято делить на три группы (Бир, 1968) — простые, сложные и очень сложные. Если речные системы рассматривать как единый природный объект, включающий реки, грунты, подземные воды, почвы, растительность, климатические особенности водосбора, то это будет сложная система. Если же брать во внимание только реки с водосборами, то данная система скорее всего будет относиться к простым. Простые системы, в отличии от сложных, легче могут быть описаны математическими уравнениями, в них легче вскрываются связи между элементами. По степени определенности системы могут быть детерминированными и вероятностными. Вероятностные системы находятся под большим числом внешних воздействий. Речная система — вероятностная система. Поэтому на какое-либо воздействие она реагирует не единственным образом. Детерминированная система на какое-либо воздействие реагирует единственным образом. Ее поведение всегда предсказуемо.

Самоорганизация. Проблемы самоорганизации систем рассмотрены в работах (Ивахненко, 1969, 1975). Для речных систем самоорганизация имеет исключительно большое значение, которое заключается в создании определенной структуры и иерархии ее блоков и элементов в целях выполнения основной функции. Самоорганизация заключается в формировании целостной, единой системы, объединении элементов, направленных на выполнение основной функции и оптимизацию системы. Самоорганизация предполагает усиление связей внутри системы, ее обособление от окружающей среды, но и одновременно сохраняются взаимодействия с окружающей природой. Процесс самоорганизации заключается в формировании поверхностей-водосборов и рек разных порядков, сопряжение этих поверхностей, образования узлов слияния рек. В итоге формируется речная система, имеющая вид дерева. Закономерности самоорганизации речных систем рассмотрены в работе (Матвеев, 2004).

Речная система – открытая система. Источник ее энергии лежит вне ее. Энергия поступает вместе с осадками, а также при движении воды с более высокого уровня на более низкие. Речные системы обладают односторонним движением вещества и энергии. Прямые и обратные связи, если существуют, то только в отдельных блоках. В целом в речной системе обратные связи не очень существенны, т.е. последующие исходы не всегда влияют на предыдущие состояния. В речных системах, по-видимому, играют основную роль не обратные связи, а стремление системы к определенному предельно оптимальному состоянию, стремление приспособиться к внешним воздействиям. Этому и подчинено функционирование всей системы. Возмущения или способствуют быстрейшему достижению предела, или препятствуют ему. В отдельных элементах речной системы прямые и обратные связи проявляются достаточно четко. Локальные поднятия, захватывающие русло, вызывают усиленную эрозию, их перепиливание. Опускание приводит к заилиению и поднятию профиля реки. Река адекватно реагирует на возмущения, стремясь создать себе наиболее оптимальные условия для выполнения своих функций.

На любом этапе своего развития река стремится к оптимально-функциональному состоянию, т.е. речная система приспосабливается, адаптируется к современным физико-географическим условиям. Однако река «не теряет» из вида конечного результата – достижения устойчивого состояния – состояния равновесия.

Оптимизация речной системы заключается в минимальных энергетических затратах на выполнение своего функционального назначения и достижения устойчивого состояния. Одним из аспектов самоорганизации речных систем выступают закрепляющие свойства речной системы, которая не могла бы осуществлять свои функции, если бы реки не были закреплены речными долинами. Долинная сеть – одна из главных особенностей речной системы.

Устойчивость систем. Под устойчивостью системы мы понимаем ее способность сохранить все необходимые признаки и выполнять свои функции при наложении возмущений. Если система при наложении на нее возмущений не изменяет своей структуры и функций, продолжает стремиться к своему предельному состоянию, то она устойчива. Устойчивость играет ведущую роль в самоорганизации систем. Без устойчивости система каждый раз меняла бы свою структуру и положение в пространстве и не могла бы выполнять свои функции. Однако существует предел, превысив который, система разрушается. В ледниковую эпоху потоки воды, перегруженные твердым материалом, заполнили долины песками, речные системы были разрушены и воды стали переливаться через водоразделы.

Устойчивость речной системы достигается различными способами, в том числе и через регуляторы (Матвеев, 2004). Одни из них выступают как усилители, другие – стабилизаторы, третьи снижают эффект воздействия. Структура регулятора и назначение его зависят от функционирования блоков или элементов системы.

Теория автоматического регулирования различает два способа регулирования – по возмущениям и по отклонениям. Открытые системы регулируются по возмущениям, а закрытые по отклонениям. Речные системы – открытые системы. Их регулирование идет по возмущениям, хотя отдельные блоки ведут себя как замкнутые системы, например, поток – русло. Всякое регулирование преследует определенную цель. Оптимальное регулирование ставит своей целью – поддерживать систему на определенном уровне. Кроме работы регулятора на оптимальном уровне, в речных системах есть регуляторы, функционирующие на экстремальном уровне. Последнее необходимо для сохранения системы. Во влажные эпохи, в высокие разливы в половодье, реки разрабатывают речные долины в соответствии с расходом. Долины многих рек часто соответствуют не современным средним расходам, а экстремальным, повторяющимся 1 раз в 100–200 лет. Например, высота и ширина пойм лучше увязывается не со средними расходами, а с расходами, повторяющимися один раз в 100 и более лет (Матвеев, 1990).

Состав и структура речных систем

Речная система – сложное образование. Она включает целый ряд более мелких систем или подсистем: речную, водосборную, геологическую, почвенную, растительную, стоковую, климатическую, геоморфологическую. Речная система строго очерчена. Пространственно она совпадает с водосбором реки и ограничена водоразделом. Главной в речной системе выступает речная сеть или, собственно, речная система, которая объединяет подсистемы. Она контролирует многие процессы на речном водосборе и влияет на его состояние. Речная система определяет структуру водосбора, его подразделение на поверхности, их расположение и ориентацию. Заметим, что на эрозионные процессы на водосборе нередко накладываются возмущения, которые искажают эрозионный процесс и создают новые условия в развитии водосборов. Одним из более сильных возмущений было четвертичное оледенение, которое отложило мощную морену, давшую холмистый рельеф и множество беспорядочных поверхностей, теперь перерабатываемых речной и суходольной сетью.

Геологическая система оказывает большое влияние на заложение речной и суходольной сети, на рисунок, густоту речной сети и сама только отчасти зависит от речной сети. Коренные породы, отложившиеся в морских условиях, не зависят от речной сети, но делювий, аллювий тесно связаны с речными долинами и формируются под влиянием речной сети. Реки дренируют подземные воды и влияют на карстовые и суффозионные процессы, оползни.

Геоморфологическая система оказывает влияние на речную систему, а речная система влияет на рельеф. Рельеф, обусловленный только речной и суходольной сетью, состоит из множества поверхностей различных порядков, узлов, вершин, холмов, ендовин и др. (Матвеев, 1994). От рельефа зависят уклоны долин и водосборов, влияющие на смыв, поступление твердого материала в реки. Рельеф определяет распределение увлажнения, влияет на почвы и растительность, скорость добегания воды до речной сети.

Почвенная система влияет на смыв, фильтрацию влаги, растительность. Растительная система регулирует сток, внутригодовое распределение стока, фильтрацию влаги в подземные горизонты, влияет на осадки, испарение.

Климатическая система определяет осадки, испарение, сток, влияет на размеры рек и площади водосборов рек начального порядка, внутригодовое распределение стока, густоту речной сети, дренирование территории. Являясь частью речного бассейна, каждая система обладает собственными законами развития и влияет на речную систему. Речная система влияет на все другие системы. На рис. 1 показаны основные связи подсистем речной системы.

Существуют два понятия «речная система» – узкое и широкое. Одно из них относится только к речной сети, другое, более широкое, включает речную сеть, водосбор и другие элементы, рассмотренные выше.

Речная система состоит из двух типов речной сети: основной, или каркасной и заполняющей (рис. 2). Каркасная сеть составляет основу речной сети. Подчиняется каркасная сеть геометрической прогрессии

$$N_k = A^{n-1} \cdot K_{PB}, \quad (1)$$

где N_k – число рек каркасной сети n -го порядка, A^{n-1} – знаменатель прогрессии, равный 3, n – порядок речной системы, K_{PB} – развитие водосбора.

Наибольшей густоты каркасная речная сеть достигает вблизи водоразделов и по мере объединения и возрастания порядка рек густота речной сети убывает. Одновременно появляется все больше пробелов – площадей, не занятых основной речной сетью. Но в природе «пустоты» не бывает. Относительно рек действует правило: «Если территория способна обеспечить круглогодичный сток без перерывов, то непременно возникнет река». В зависимости от площади водосбора могут возникать реки разных порядков. В речной системе III-го порядка могут возникать реки первого порядка, а в речной системе IV-го порядка пустоты заполняют реки I, II-го порядков (рис. 3). Таким образом, свободные территории заполняются реками на 2 порядка ниже по сравнению с каркасной сетью

$$n_k > (n_k - 2)_3, \quad (2)$$

где n_k – порядок каркасной сети, $(n_k - 2)_3$ – порядок заполняющей речной сети.

Речную сеть, расположенную внутри речной системы, можно назвать заполняющей, которая не может существовать без основной или каркасной речной сети. Заполняющая речная сеть равномерно покрывает весь водосбор речной системы и осуществляет равномерное дренирование территории.

Полная речная сеть может быть охарактеризована возвратной последовательностью вида (Матвеев, 1982)

$$N_n = 3N_{n-1} + 2N_{n-2}, \quad (3)$$

где N_n – число рек в речной системе n -го порядка, N_{n-1} , N_{n-2} – число рек $n - 1$, $n - 2$ -го порядка.

О соотношении рек полной, основной и заполняющей сети см. табл. 1.

Таблица 1

Структура речной системы

Тип сети	Порядок речной системы							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Полная	1	3	11	39	139	495	1763	6275
Основная	1	3	9	27	81	243	729	2173
Заполняющая	0	0	2	12	58	282	1034	4032
% заполняющей сети от полной сети	0	0	18	30	42	51	59	65

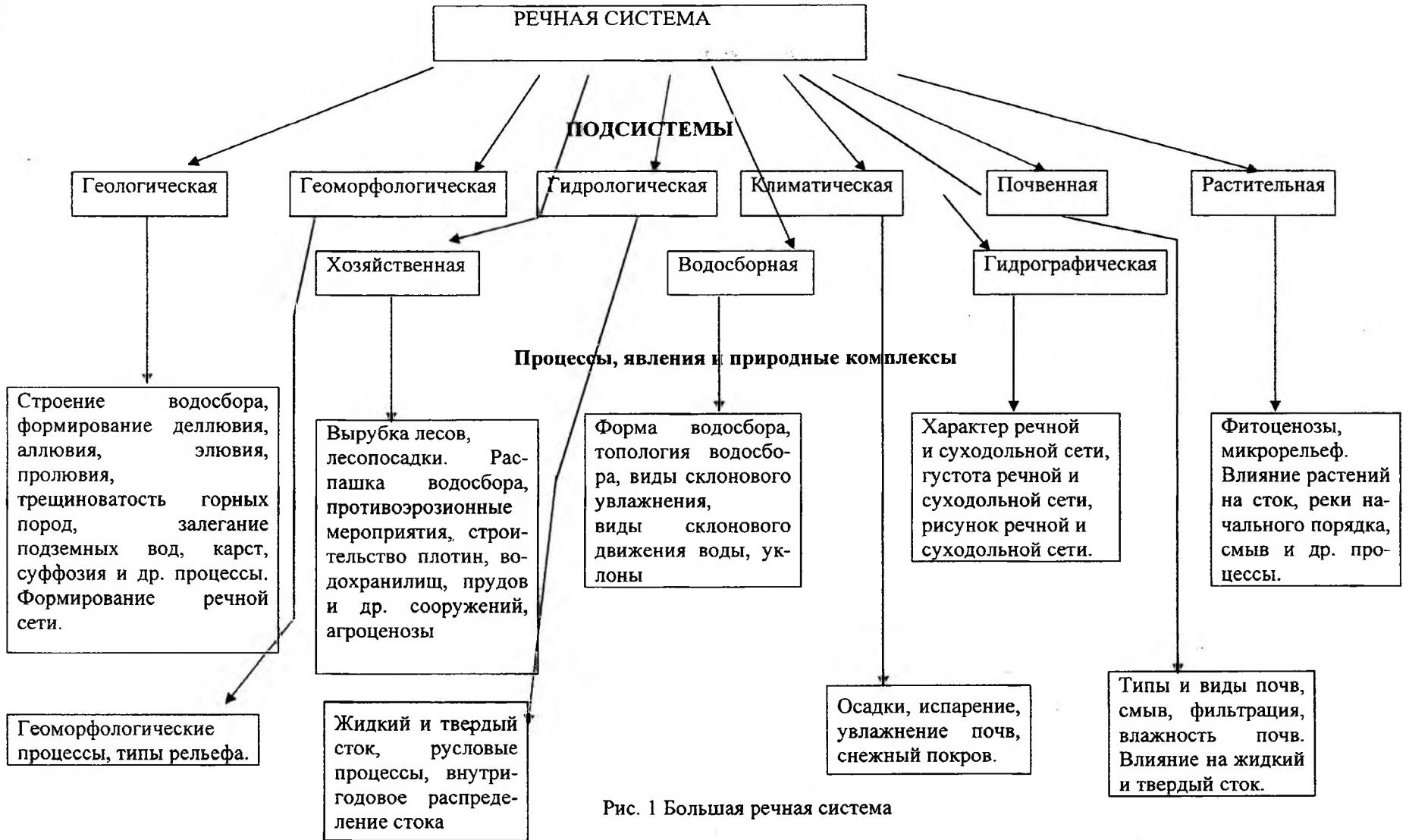


Рис. 1 Большая речная система

Примерно при VI порядке происходит выравнивание – заполняющая сеть равна основной. До VI-го порядка каркасная сеть преобладает, а после VI-го порядка начинает преобладать заполняющая сеть. Чем больше речная система, тем лучше развита заполняющая речная сеть. Первыми в половодье поступают воды из заполняющей сети, затем из основной. В конце половодья, наверное, сток в основном будет определяться речной сетью, расположенной вблизи водораздела, т.е. каркасной сетью (Матвеев, 1982).

Каждая речная система – граф, представляющий собой дерево. Древовидная структура дерева лучше всего способствует выполнению речной системой своего функционального назначения. Такая структура работает на усиление, что обеспечивает реке и выживание и выполнение ее функций.

Речная система состоит из рек разных порядков. Порядок – иерархия, соподчинение, старшинство рек, объединяемых по определенному принципу. Подразделение большой речной системы на системы меньших размеров, или подсистемы, создает устойчивость большой системы, так как меньшие системы имеют больше возможностей приспособливаться, адаптироваться к местным физико-географическим условиям.

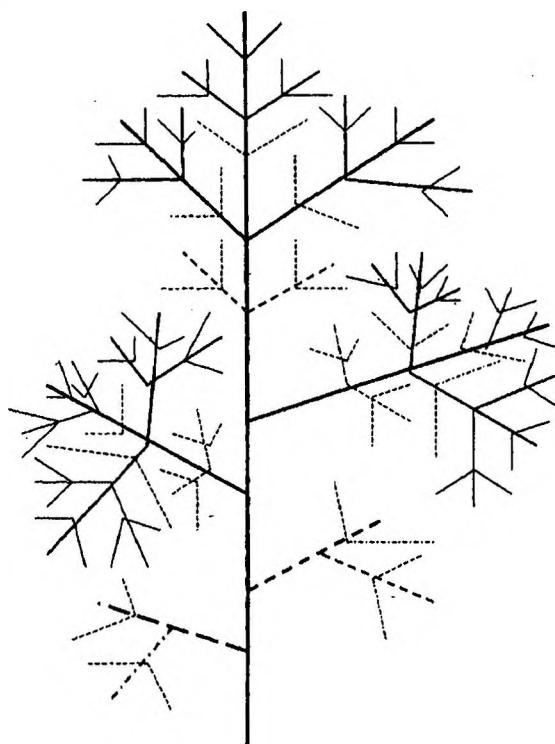


Рис. 2. Два типа речной сети:
 — основная, или каркасная сеть;
 - - - заполняющая сеть

Модель речных систем

Любая модель должна удовлетворять основным требованиям, вытекающим из назначения модели и ее функций. Для модели речных систем важны следующие условия (Матвеев, 1982): количество рек модели и в натуре должно быть одинаковым, число порядков рек в натуре и у модели равно, речная сеть должна заполнять модель так же, как и в природе, густота речной сети одинакова и в природе и у модели, длина и ширина модели водосбора в натуре и на модели равны, расходы воды в натуре и модели должны быть одинаковыми, гидрографы жидкого и твердого стока половодья в природе и на модели должны различаться незначительно.

Всем предъявляемым требованиям вполне удовлетворяет модель, разработанная нами на основе возвратных последовательностей вида

$$N_n = AN_{n-1} + BN_{n-2}, \quad (4)$$

где N_n – общее число рек в системе n -го порядка, N_{n-1} – число рек в системе $n-1$ -го порядка, N_{n-2} – число рек в системе $n-2$ -го порядка, A – основной коэффициент ветвления речной сети, B – коэффициент ветвления рек $n-2$ -го порядка, впадающих в реки n -го порядка, т.е. на 2 порядка ниже. Речная система, соответствующая на модели 4, представлена на рис. 3. Математическая основа модели достаточно полно изложена в нашей работе (Матвеев, 1982).

В итоге нами было получено рекуррентное уравнение вида

$$N_n = 3N_{n-1} + 2N_{n-2}, \quad (5)$$

где N_n – количество рек в речной системе n -го порядка, N_{n-1} , N_{n-2} – количество рек $n-1$, $n-2$ порядков.

Последовательности вида (5) называются возвратными, основные свойства которых рассмотрены в работах (Воробьев, 1978, Маркушевич, 1975).

Гидрографический смысл равенства (5) понятен. Как следует из рис. 3, первый член правой части равенства характеризует ветвление основной или каркасной сети, второй член представляет заполняющую сеть, впадающую в основную реку в виде двух боковых притоков.

На основе формулы (5) рассчитаем ряд для системы X порядка

Таблица 2

Порядок системы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Число рек	1	3	11	39	139	495	1763	6279	2263	79647

Вышеприведенный ряд рассчитан рекуррентно. Однако можно получить любой член возвратной последовательности (3), как функцию его номера, не вычисляя всех предшествующих членов ряда (Матвеев, 1982).

$$N_n = a_1 [A_1^n - A_2^n (-1)^n], \quad (6)$$

где $a_1 = 0,243$, $A_1 = 3,562$, $A_2 = 0,562$

Второй член правой части равенства (6) быстро стремится к нулю, им можно пренебречь. Тогда

$$N_n = a_1 A_1^n, \quad (7)$$

Коэффициент A_1 является дробным числом. Это объясняется тем, что в речных системах кроме речной сети имеется заполняющая сеть. Она и повлияла на дробную величину коэффициента A_1 .

Назовем коэффициент A , размерностью возвратной последовательности. Таким образом, в ветвлении речных систем мы имеем дело с тремя коэффициентами A , B , A_1 . Коэффициент A характеризует ветвление основной речной сети. Для рек центра Русской равнины он равен 3,0. Коэффициент B определяет количество боковых притоков $n-2$ порядка, впадающих в реки n -го порядка, равен 2. Коэффициент A_1 – интегральный показатель, характеризующий возрастание речной сети в речной системе с переходом от порядка n к $n+1$, равен 3,562.

Коэффициент B появился вследствие возникновения площадей Δf_1 , Δf_{II} , $\Delta f_{III}, \dots, \Delta f_n$, примыкающих справа и слева к реке при переходе от одного порядка к другому.

На основе формулы (7) можно вести вычисления количества рек любого порядка в речной системе m -го порядка. Для этого формулу (7) приведем к более удобному виду

$$N_n = a_n A_1^{m-n}, \quad (8)$$

где a_n – коэффициент, равный 0,866, m – порядок системы, n – порядок рек, количество которых определяется в системе m .

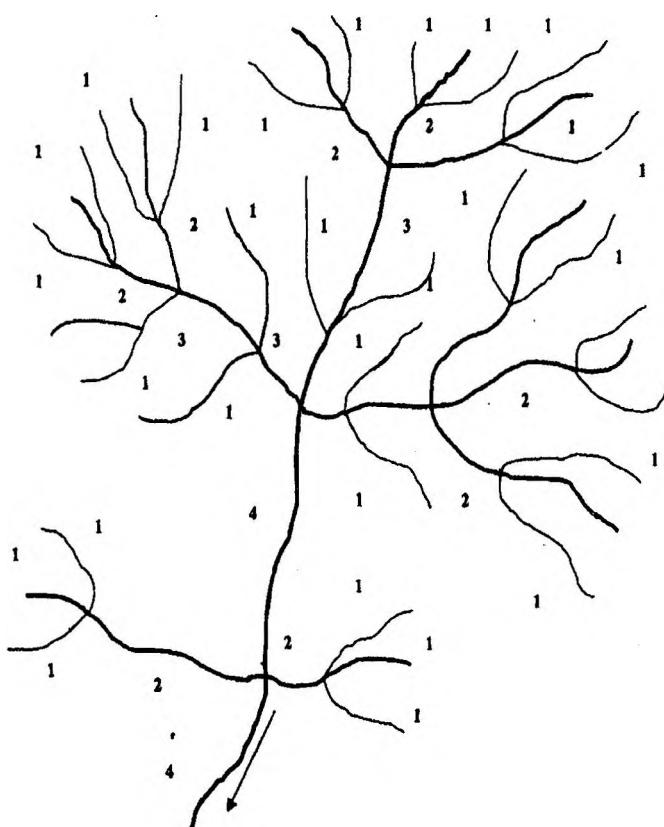


Рис. 3. Структура речной сети по Н.П. Матвееву, цифры – порядок рек

Например, в речной системе VIII-го порядка реки разных порядков распределяются следующим образом:

Таблица 3

Порядок системы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Количество рек	6299	1769	497	139	39	11	3	1

Формула (8) позволяет вычислять и общее число рек n -го порядка до их узла слияния, включая и главную реку, ибо общее число рек равно количеству рек I-го порядка.

Однако использование формул (7) и (8) показало, что они дают достаточно большой разброс точек. Поиски причин отклонения точек от линии связи привели нас к введению нового понятия – коэффициента развития водосбора (Матвеев, 1975, 1990). Под коэффициентом развития водосбора следует понимать отношение площади фактического водосбора к нормально развитому водосбору.

С учетом коэффициента развития водосбора формулы (7) и (8) принимают вид

$$N_n = \alpha_n A_1^n K_{PB}, \quad (9)$$

$$N_n = \alpha_n A_1^{m-n} \cdot K_{PB}, \quad (10)$$

где K_{PB} – коэффициент развития водосбора (Матвеев, 1982, 1985, 1990).

$$K_{PB} = \frac{F_\phi}{F_T} = \frac{2Y}{X}, \quad (11)$$

где F_ϕ – фактический водосбор реки, F_T – нормально развитый водосбор, у которого ширина равна половине длины водосбора

$$Y = \frac{1}{2} X, \quad (12)$$

где Y – ширина редуцированного водосбора, X – длина водосбора. Величина Y может быть определена графически или же по формуле:

$$Y = \frac{4F_\phi}{\pi X}. \quad (13)$$

Также справедливо

$$K_{PB} = \frac{N_\phi}{N_T}, \quad (14)$$

где N_ϕ – фактическое число рек в речной системе, N_T – число рек в нормально развитом водосборе.

В табл. 4 представлена связь вычисленной N_n и фактической N_ϕ величин количества рек в речных системах. Для корреляции было подобрано 187 речных систем разной длины и с разной площадью водосбора.

Связь N_ϕ и N_n – оказалась исключительно тесной, коэффициент срединной корреляции оказался равным $\approx 1,0$, что свидетельствует о высокой надежности формул (9) и (10) и правильности модели, построенной на возвратных последовательностях.

Между количеством рек в речной системе и площадью водосбора существует связь вида

$$\frac{F_\phi}{N_\phi} = \bar{f}_1, \quad (15)$$

$$F_\phi = N_\phi \bar{f}_1, \quad (16)$$

где \bar{f}_1 – удельная площадь водосбора реки начального или I-го порядка. По-видимому, справедливо

$$F_\phi = a_1 A^n K_{PB} \cdot \bar{f}_1. \quad (17)$$

Проверка формулы (17) показала хороший ее результат (табл. 4). Как следует из формул (7) и (9)

$$N_\phi = N_t K_{PB}, \quad (18)$$

где N_ϕ – фактическое количество рек в речной системе, N_t – количество рек в нормально развитом водосборе, K_{PB} – коэффициент развития водосбора.

Предлагаемая модель речной сети позволяет определить количество волн и построить модель гидрографа половодья реки (Матвеев, 1982), в основе которой лежит ряд Фибоначчи.

$$U_n = a_3 [A_3^n - A_4^n (-1)^n], \quad (19)$$

где U_n – количество волн в речной системе n -го порядка, a_3 – коэффициент, равный 0,447, A_3 – размерность ряда, равная 1,618, $A_4 = 0,618$.

Учитывая, что A_4 меньше единицы, то, начиная с 3-го члена ряда им можно пренебречь и тогда формула (19) упрощается

$$U_n = a_3 A_3^n. \quad (20)$$

Число рек первого порядка, принимающих участие в формировании волн половодья, подчиняется возвратной последовательности (17). Что бы получить ряд, из которого складывается каждый член возвратной последовательности (17), надо последовательно пройти через все порядки системы с I-го до n -го.

Таблица 4

Количество рек в некоторых речных системах центра Русской равнины
и их основные параметры

№	Река	Дли-на реки, $L, \text{км}$	Площадь водосбора		По-рядок речной системы, n	Количество рек в речной системе		Удельная пло-щадь водо-сбора, $f_1, \text{км}^2$	Пло-шадь нор-маль-но раз-витого водо-сбора, $F_H, \text{км}^2$	Коэф-фици-ент раз-вития водо-сбора, K_{PB}
			факт. $F_\phi, \text{км}^2$	вы-чис-лен. $F_b, \text{км}^2$		факт. N_ϕ	вы-чис-лен. N_b			
1	Тудовка	103	1140	1134	5,79	259	257	4,4	1693	0,67
2	Вазуза	162	7120	7116	6,14	614	613	11,6	6963	1,022
3	Касня	107	1480	1473	4,96	118	118	12,54	1681	0,88
4	Гжать	113	2370	2378	5,68	263	264	9,6	3011	0,787
5	ТЬма	142	1850	1846	5,57	172	172	10,76	3131	0,591
6	Тверца	188	6510	6505	6,24	668	668	9,74	6638	0,98
7	Шоша	163	3080	3080	5,6	304	308	10	4314	0,714

8	Лама	139	2330	2330	5,29	251	250	9,28	1892	1,232
9	Дубна	167	5350	5535	5,47	556	556	9,6	2460	2,17
10	Сестра	133	2680	2688	5	317	317	8,45	1191	2,25
11	Кото- росль	132	6370	6376	6,18	784	758	8,13	5314	1,2
12	Костро- ма	354	16000	16000	7,16	2807	2807	5,7	12500	1,29
13	Упа	345	9510	9534	6,29	804	805	11,83	7567	1,26
14	Жиздра	223	9170	9198	6,43	1081	1084	8,48	8678	1,06
15	Угра	399	15700	15698	6,58	1220	1219	12,87	13510	1,162
16	Протва	282	4620	4648	6,29	458	457	10	7263	0,64
17	Лужа	159	1400	1404	5,11	110	110	12,73	2065	0,68
18	Нара	158	2030	2047	5,9	228	230	8,9	3938	0,52
19	Лопасня	108	1090	1091	4,56	54	54	20,2	1629	0,67
20	Осетр	228	3480	3488	5,49	255	255	13,64	3322	1,05
21	Москва	473	17600	17643	7,2	1807	1864	9,44	21782	0,81
22	Руза	145	1990	1983	5,48	185	184	10,76	2793	0,71
23	Истра	113	2050	2043	5,2	192	190	10,7	1946	1,05
24	Пахра	135	2580	2574	5,4	321	320	8,03	2110	1,22
25	Проня	336	10200	10202	5,97	696	698	14,66	7090	1,439
26	Гусь	147	3910	3912	5,11	195	194	20,1	3260	1,2
27	Мокша	656	5100	51112	7,54	3624	3623	74,1	50110	1,018
28	Цна (Мокшина- ская)	451	21500	21564	6,94	1389	1393	15,48	25672	0,84
29	Киржич	133	1770	1779	5,57	220	221	8,05	2345	0,76
30	Сура	841	67500	67597	8,37	9574	9588	7,05	71912	0,94
31	Ветлуга	889	39400	39282	8,43	6737	6825	5,95	64397	0,61
32	Северка	98	1430	1430	4,8	93	88	15,4	1685	0,84
33	Рожая	51	434	450	3,55	30	31	14,66	326	1,38
34	Скнига	52	375	385	4,23	47	48	8	424	0,91

Для расчета числа волн и количества рек, принимающих участие в формировании каждой волны половодья, структура формулы (5) была изменена

$$\sum N_B = \left[\begin{array}{c|c} \begin{matrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ N_n \end{matrix}_{n-1} & + \begin{matrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ N_n \end{matrix}_{n-2} \end{array} \right] K_{PB}, \quad (21)$$

где $\sum N_B$ – количество рек, формирующих волну половодья; $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ – количество рек, сток которых принимает участие в формировании 1, 2, 3, m -й волны, $n - 1, n - 2$ – порядок притоков.

Для примера рассмотрим формирование половодья реки VIII-го порядка

$$\begin{aligned}
 N_8 = & \left[\begin{array}{c} 729 \\ 162 \\ 162 \\ 162 \\ 36 \\ 162 \\ 36 \\ 162 \\ 36 \\ 36 \\ 36 \\ 8 \end{array} \right] \times 3 + \left[\begin{array}{c} 243 \\ 54 \\ 54 \\ 54 \\ 12 \\ 54 \\ 12 \\ 12 \\ 12 \end{array} \right] \times 2 = \left[\begin{array}{c} 2187 \\ 486 \\ 486 \\ 486 \\ 108 \\ 108 \\ 108 \\ 108 \\ 108 \\ 108 \\ 108 \\ 24 \\ 24 \\ 24 \\ 24 \end{array} \right]
 \end{aligned} \tag{22}$$

Получена 21 волна половодья путем переумножения на коэффициент 3 и 2 и сложения числа волн половодья рек VII-го и VI-го порядков. Счет волн идет не сверху, а снизу, т.е. от устья реки к ее верховьям.

Процесс формирования половодья начинается с поступления воды из заполняющей речной сети сначала из ближайших, а затем и из отдаленных притоков.

Наиболее крупными являются 8, 13, 16, 18, 19, 20 и 21. Самой крупной выступает последняя волна, которая несет до 35% стока половодья. Остальные 65% приходятся на заполняющую речную сеть. Поступают воды волнами, из которых большинство приносит от 1,7% до 7,7% общего стока. Самые малые волны несут всего 0,4 стока половодья. В этом и заключается регулирующая роль речной системы. Чем больше речная система, тем лучшими регулирующими свойствами она обладает. Если в системе V-го порядка 41% стока половодья идет на регулирование, то в системе VIII-го порядка 65% стока. В речных системах X-го порядка свыше 70% объема стока идет на регулирование стока половодья.

Однако надо иметь ввиду, что 21 волна будет наблюдаться в устье реки VIII-го порядка. К верховьям реки количество волн будет убывать. На притоках VII-го порядка волн сформируется всего 13, а на реках I-го и II-го порядков – по одной волне.

На количество волн половодья сильно влияет развитие водосбора. На реке Москве при развитии водосбора, равном 0,81, количество волн равно 10, при 13 волнах на реке нормально развитого водосбора VII-го порядка. А при развитии водосбора, равном 0,5, количество волн сокращается в 2 раза.

Предлагаемая модель объясняет отклонение пика мутности от пика половодья. Для рек, включая III порядок, пик половодья и пики мутности совпадут. На круп-

ных реках чаще всего наблюдается сначала пик мутности, а затем пик половодья. Это обусловлено поступлением твердого стока из заполняющей сети, к которой в основном приурочена овражная сеть и большая крутизна склонов.

Следует иметь в виду, что глубина вреза рек одного порядка заполняющей и основной сети неодинакова. Заполняющая сеть врезается более глубоко. Здесь интенсивнее проявляется склоновая и овражная эрозии.

Предлагаемая модель речных систем позволяет вычислять коэффициенты густоты, площади пойм, объем пойменного аллювия речных систем, запасы аллювиальных вод, суммарную длину рек речных систем.

Другие модели рассмотрены в работе (Матвеев, 1982).

Порядок речных систем

Под порядком речной системы понимают соподчинение, старшинство, определенную иерархию рек и речных систем.

Основные закономерности в распределении порядков рек в речной системе рассмотрены в нашей работе (Матвеев, 2007) и работах других авторов (Хортон, 1948; Ржаницын, 1960; Философов, 1960; Панов, 1948).

Каждая речная система состоит из порядков разных уровней, начиная с I-го порядка и кончая n -ным. Порядком обладают не только реки, но и узлы их слияния, водосборы, водоразделы, долины и поймы рек.

Реки, относящиеся к одному порядку, равнозначны и эквивалентны. Но, если оценивать реки по внутригодовому стоку, характеру половодья, лесистости водосбора, источникам питания, геологическому строению долин и водосборов, рельефу, то среди одного порядка притоков можно выделить несколько классов эквивалентности. Эквивалентность позволяет объединять реки в группы, применять к ним одни и те же законы формирования и развития.

Порядок. Упорядоченность. Под порядком или упорядоченностью понимают выдержанность определенных критериев. Порядком принято называть определенные отношения: $<$, $>$, $=$, \leq , \geq и другие между элементами множества. В речных системах элементами множества выступают отдельные реки, узлы слияния рек, площади водосборов рек, расходы и др. элементы речных систем.

Водосборы рек. Постоянство площадей

Суммарная площадь удельных водосборов разных порядков в одной и той же речной системе – величина постоянная

$$\sum F_1 = \sum F_2 = \sum F_3 = + \dots + \sum F_{n-1} = \sum F_n \quad (23)$$

$$F_1 = N_1 f_1, F_2 = N_2 f_2, \dots, F_n = N_n f_n, \quad (24)$$

где $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ – количество рек I, II, III, ..., n -го порядков, $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ – удельные площади водосборов рек I, II, III, и других порядков.

$$\frac{\sum F_n}{\sum F_{n-1}} = \frac{N_n f_n}{N_{n-1} f_{n-1}} = \frac{1}{A_1} A_1 = 1 \quad (25)$$

Из формулы (25) следует равенство площадей водосборов рек.

Площадь водосборов рек между узлами слияния в пределах одной речной системы – величина постоянная

$$\sum \Delta F_1 = \sum \Delta F_2 = \sum \Delta F_3 = \dots = \sum \Delta F_{n-1} = \sum \Delta F_n, \quad (26)$$

$$\Delta F_n = F_n - 3F_{n-1} = F_{n-1} \left(\frac{F_n}{F_{n-1}} - 3 \right) = 0,562 f_{n-1}, \quad (27)$$

$$\frac{\sum \Delta F_n}{\sum \Delta F_{n-1}} = \frac{N_n F_n 0,562}{N_{n-1} F_{n-1} 0,562} = \frac{1}{A_1} A_1 = 1 \quad (28)$$

Возрастание площадей. Площади водосборов рек возрастают по мере возрастания порядка реки в A раз.

$$\frac{F_n}{F_{n-1}} = \frac{a_1 A^n f_1 K_B}{a_1 A^{n-1} f_1 K_B} = A_1 \quad (29)$$

Топология речной системы

Речная система – граф, представляющий собой дерево, которое обладает эйлеровой характеристикой, равной 1.

$$\Theta = B + \Gamma - P = 1, \quad (30)$$

где Θ – эйлерова характеристика, B – число вершин, Γ – число граней, P – число ребер.

Речная система обладает вершинами (узлами слияния) и ребрами (отрезками между узлами слияния). Границы, относящиеся к внешней области, в речной график не входят. Дерево – наиболее выгодная структура речной сети. Оно работает как усилитель, что предает системе устойчивость и эффективность в выполнении своих функций. Узлы слияния также как и реки обладают порядками. К первому порядку относятся узлы, образующиеся от слияния рек I-го порядка, ко второму порядку – узлы, образовавшиеся от слияния рек II-го порядка, и так до n -го порядка. Количество узлов в речной системе можно вычислить по формуле (Матвеев, 2004)

$$N_{n,y} = 0,435 A_1^{n-1} K_{PB} + 0,565 \quad (31)$$

Вычисление узлов какого-либо одного порядка можно вести по формуле (Матвеев, 2004)

$$N_{n,y} = 0,31 A_1^{m-n} K_{PB}, \quad (32)$$

где $N_{n,y}$ – количество узлов n -го порядка, m – верхний порядок системы, n – порядок вычисляемых узлов, равен порядку притока.

В топологии к узлам относят и вершины дерева, которые можно вычислить по формуле

$$N_B = 0,243 A_1^n K_{PB}. \quad (33)$$

Для вычисления общего числа узлов, включая и источники всех рек речной системы, мы применим формулу

$$N_{O,B} = 0,365 A_1^n K_{PB}. \quad (34)$$

Узлы речной системы мы подразделяем на два типа – узлы основной и заполняющей сети. Последние на 2 порядка ниже.

Узлы основной сети, не учитывая верховий рек, определим по формуле:

$$N_{O,C} = 0,506 A_{PB}^{n-1}, \quad (35)$$

где A – коэффициент ветвления, равный 3.

Для определения узлов какого-либо порядка основной сети можно принять равенство

$$N_{n,c} = 0,3 A^{n-n} K_{pb} , \quad (36)$$

Узлы внутренней речной сети равны разности общей величины всех узлов и узлов речной сети

$$N_{B,C} = (0,435 A_i^{n-1} - 0,506 A^{n-1}) K_{pb} \quad (37)$$

Узлы слияния рек – один из основных элементов речной сети. С узлами слияния связаны возрастание стока, расширение пойм, долин, перепады профиля равновесия, возрастание шага меандров и др. процессы.

Ребра, или отрезки рек между узлами слияния рек. Межузловые отрезки рек – важный элемент рек и речной систем: с ними связаны конкретные процессы на данном участке рек – подъем половодья, размеры долины, уклоны, перенос твердых частиц, скорость потока, расходы рек, размер поймы, объем аллювия, отложение аллювия.

Количество речных межузловых отрезков может быть вычислено по предлагаемой формуле

$$N_{p,n} = a_p A_i^{n-1} K_{pb} , \quad (38)$$

где $N_{p,n}$ – количество ребер в речной системе n -го порядка, a_p – коэффициент, равный 1,29.

Для вычисления отрезков рек того или иного порядка может быть использована формула

$$N_{n,p} = a_p A_i^{n-n} K_{pb} , \quad (39)$$

при $n \geq 3 a_p = 1,73$, при $n \leq 3 a_p = 0,866$.

Например, реки VII-го порядка насчитывают 2654 отрезка (ребра) реки. Из них на I-й порядок приходится 1768, на II-й – 497, на III-й – 278, на IV-й – 78, на V-й – 22, на VI-й – 6, на VII-й – 2 реки.

Водосборы – замкнутый граф, имеющий эйлерову характеристику, равную 1.

Собственно речная система входит в состав водосборного графа. Водосборный граф более сложный, так как объединяет графы речной сети, водоразделов, поверхностей и узлов. Узлы водосбора относятся к двум типам – узлы слияния рек и узлы сходимости ребер водоразделов. И те и другие подчиняются возвратным последовательностям (Матвеев, 2004).

Водораздельные узлы, как и реки, и узлы слияния рек относятся к разным порядкам. Узлы сходимости ребер водосбора – $N_{y,e}$.

Можно рассчитать его по формуле

$$N_{y,e} = 1,3 A_i^{n-1} K_{pb} , \quad (40)$$

Общее количество узлов водосбора, включая речные и водораздельные, и верховья рек, получим в виде (Матвеев, 2004)

$$N_{o,y} = 2,6 A^{n-1} K_{pb} . \quad (41)$$

Например, водосбор реки Москвы несет 5631 узел. Из них 2858 приходится на водосборные и 2772 на речные узлы.

Ребра – отрезки водосборов между узлами сходимости, относятся к разным порядкам.

Количество ребер на водосборе можно вычислить по формуле

$$N_{o,p} = a_{pe} A_i^{n-1} K_{pb} , \quad (42)$$

где $N_{o,p}$ – количество ребер водосбора, a_{pe} – коэффициент, равный 3,87. Остальные обозначения – прежние.

Для вычисления водораздельных ребер разных порядков $N_{p,n}$ мы предлагаем формулу

$$N_{p,n} = 3,0 A_l^{m-n} K_{PB} . \quad (43)$$

Общее количество ребер в речной системе, включая реки и водосборы, можно вычислить с помощью формулы:

$$N_{O,p} = 5,16 A_l^{n-1} K_{PB} . \quad (44)$$

Границы поверхностей водосборов разных порядков. К рекам I-го порядка примыкают грани I-го, к водосборам II-го порядка – грани II-го порядка, и так далее до n -го порядка.

Количество граней водосбора равно

$$N_z = a_z A_l^{n-1} K_{PB} , \quad (45)$$

где a_z – коэффициент, равный 2,583.

Для вычисления в речной системе m -го порядка количества граней n -го порядка получена формула

$$N_{z,n} = a_z A_l^{m-n} K_{PB} \quad (46)$$

$$\text{при } n \geq 2 \quad a_z = 1,73, \quad \text{при } n = \binom{m-1}{m-2} \quad a_z = 3,46.$$

Ребра, грани и вершины водосборного графа определяют рельеф водосбора. Узлы сходимости ребер водораздела, по-видимому, будут со временем холмами, и смогут влиять на развитие водосбора. Грани разных порядков по-разному влияют на размыв водосбора, образование суходольной гидросети.

Ребра и узлы относятся к наиболее устойчивым образованиям. Их разрушение может происходить только под внешним воздействием.

Сложность речных систем – одна из важнейших их характеристик. Сложность зависит от количества порядков, количества рек, степени развития водосбора, узлов и ребер в речной системе, порядка речной системы. Одним из основных факторов выступает ветвление речных систем.

Сложность малых речных систем связана с трещиноватостью горных пород, рисунком трещиноватости, наличием черных и белых узлов, рассматриваемых теорией протекания (Матвеев, 2006).

В основу расчета сложности нами была положена формула (Шрейбер, 1971).

$$N_{cl} = \sum N_y \sigma , \quad (47)$$

где N_{cl} – сложность системы, $N_y \sigma$ – произведение числаростков, входящих в узел, на количество вершин дерева по всем направлениям ветвей дерева, расположенных выше корня дерева.

Разработанные нами формулы речных систем имеют вид (Матвеев, 2004)

$$\sum N_y \sigma = 0,92 M^n K_{PB} , \quad (48)$$

где M – размерность сложности речных систем, равная 5,26, n – порядок речной системы.

$$K_{cl} = \frac{\sum N_y \sigma}{F} , \quad (49)$$

где K_{cl} – коэффициент сложности речных систем, F – площадь водосбора реки (Матвеев, 2004).

Вычисление сложности 30 речных систем с площадью водосбора от 375 до 245000 км² показало, что наибольшую сложность имеет Ветлуга ($K_{cl} = 17,5$), наименьшую – Каширка (0,45) с площадью водосбора соответственно – 39400 и 556 км² р. Москва обладает сложностью 6,6.

Проблемы регуляторов, особенности формирования малой речной сети рассмотрены в наших работах (Матвеев, 2004, 2005).

Выводы

1. Речная система – сложное образование, включающее речную и суходольную сеть, водосбор и водоразделы. Каждая речная система испытывает воздействие гидрологической, климатической, геолого-геоморфологической, биогеографической систем.

2. Речная сеть системы относится к двум типам: основной, или каркасной, и заполняющей. Отличие заполняющей сети от каркасной заключается в том, что она дренирует внутренние, не заполненные основной речной сетью части водосбора и на 2 и более порядков ниже основной сети.

3. Основное функциональное назначение речной системы – осуществлять сток. Одним из основных свойств речной системы является ее самоорганизация, направленная на функционирование речной системы как усилителя стока.

4. Речная система в своей работе стремится к устойчивому состоянию, которое проявляется в закреплении притоков и оптимальному функционированию. Однако речная система одновременно построена так, чтобы сохранять свою структуру и способность выполнять свои функции в экстремальных условиях.

5. Речную систему, состоящую из рек разных порядков можно представить в виде модели, удовлетворяющей возвратным последовательностям.

6. Модель, разработанная нами, предполагает равномерное распределение речной сети, закономерный переход от одних порядков к другим, оптимальное функционирование речной системы.

7. Для модели важны два параметра, характеризующие размерность площадей и размерность длин. Первая из них равна 3,562, вторая 1,887. Эти величины можно считать фундаментальными.

8. Порядок речных систем представляет собой соподчинение, иерархию рек и их эквивалентность, т.е. речная система одновременно состоит из рек, принадлежащих одному классу, а между классами наблюдается соподчинение, иерархия.

9. Речные системы обладают строгим порядком, однако внутри каждой подсистемы порядок может быть не строгим. Каркасная сеть обладает строгим порядком. Заполняющая сеть обладает нестрогим порядком.

10. Порядок рек и речных систем идентичен и выражается дробным числом, хотя мы часто округляем порядок рек до целых чисел, что допустимо при качественном анализе и вряд ли приемлемо при точных расчетах.

11. Порядком обладают не только реки, но и водосборы рек, узлы слияния, водоразделы, склоны.

12. Речные системы могут быть нормально развитыми, сжатыми и широкими. Мерой отклонения речной системы от нормально развитой служит развитие водосбора – K_{pb} .

13. Речные системы обладают разной сложностью, которая может быть выражена через коэффициент сложности. Чем выше порядок реки, тем больше сложность речной системы.

14. При сжатых водосборах порядок рек не нарушается, но реки более низких порядков выпадают и число рек сокращается.

15. Сложность речных систем изменяется в широких пределах – от 0,45 (р. Каширка) до 17,5 (р. Ветлуга).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аполлов Б. Учение о реках. М.: Изд-во МГУ, 1963. – С. 423.
2. Бир С. Кибернетика и управление производством. М., Физматгиз, 1963. 275 с.
3. Богданов А.Н. Всеобщая организационная наука (текстология): 1925-1929 гг., 3-изд., Ч. I – 1925 – 300 с.; Ч. II – 268 с.; Ч. III – 220 с.
4. Воробьев Н.Н. Числа Фибоначчи. – М.: «Наука», 1978. 139 с.
5. Ивахненко А.Г. Самообучающиеся системы распознавания и автоматического управления. – Киев, Техника, 1969. – 392 с.
6. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. – Киев, Техника, 1975.
7. Коган А.Б. Биологическая кибернетика / Под ред. Коган А.Б. – М., «Высшая школа», 1977. 139 с.
8. Маркушевич А.М. Возвратные последовательности. – М., «Наука», 1975. 47 с.
9. Матвеев Н.П. Новая модель речных систем: Сб. «Землеведение»: Новая серия. – Т. XIV(LIV). – М.: Изд-во МГУ, 1982. 51–63 с.
10. Матвеев Н.П. Водосборы рек бассейнов Верхней Волги и Оки и влияние их на поймы: Сб. «Землеведение»: Новая серия. – Т. XVI (LVI). М.: Изд-во МГУ, 1982. 51–63 с.
11. Матвеев Н.П. Морфометрия пойм рек бассейна Верхней Волги и Оки: «Землеведение»: Сб. МОИП: Новая серия. – Т. XVII (LVII). М.: Изд-во МГУ, 1990.
12. Матвеев Н.П. Ландшафтно-топологическая модель элементарного водосбора: Сб. «Географические аспекты экологии Подмосковья», МОС. Центр. РГО. АН СССР. выпадают. – М., 1994. 131–146 с.
13. Матвеев Н.П. Речная система как топологическая структура: «Вестник МГОУ. Естественные науки», т. 1-2, М., МГОУ, 2004, а, 114–124 с.
14. Матвеев Н.П. Регуляторы и управление в речных системах. «Вестник МГОУ. Естественные науки». – Т. 1–2, М., МГОУ, 2004, б, 124–134 с.
15. Матвеев Н.П. Сложность речных систем: Сб. «XIX плenарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов». – Белгород, 2004. 148–150 с.
16. Матвеев Н.П. Теория протекания и формирование речной сети: Тр. Центра фундаментального исследования МГОУ. – М., 2005. 66–74 с.
17. Матвеев Н.П. Порядок речных систем: «Вестник МГОУ. Естественные науки». – М., 2007. 77–81 с.
18. Милсум Дж. Анализ биологических систем управления. – М.: «Мир», 1968. 501 с.
19. Панов Б.П. Количественная характеристика речной сети: Тр. гос. гидрол. ин-та, 5/58 л, 1998.
20. Ржаницын Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л., Гидрометеоиздат, 1960, 238 с.
21. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов, 1960, 93 с.
22. Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М., ИЛ, 1998, 159 с.

23. Эшби У. Введение в кибернетику. М.: Изд-во «Иностр. литература», 1959.
24. Bertalanffy, Ludwig Von. General system theory. New York, Braziller, 1969, 289 с.
25. Strahler A.N. Dynamic basis of geomorphology — Bull. Geol. Soc. Am., v. 63, 1952, 923–938 с.

Литвиненко В.В.

Российский государственный аграрный университет
(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева)

Литвиненко Л.Н.

Московский государственный областной университет (МГОУ)

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ АНАЛОГИ
В ЛЕТНИХ ПЕРИОДАХ 1989–2007 ГОДОВ ПО ДАННЫМ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
ОБСЕРВАТОРИИ ИМЕНИ В.А. МИХЕЛЬСОНА**

В работе проанализированы изменения отклонений средней декадной температуры воздуха от нормы с мая по август включительно за 1989–2007 годы. Динамика их изменений (тренд) описана полиномом пятой степени. Тренд сглаживает резкие колебания, но характеризует средний температурный потенциал волны холода или тепла. По линиям тренда и фактическим изменениям температуры выявлены годы-аналоги летних периодов.

Litvinenko V.V.

Russian State Agrarian University – MTAU
(Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Litvinenko L.N.

Moscow State Regional University (MSRU)

**TEMPERATURE ANALOGUES IN SUMMER PERIODS OF 1989–
2007 YEARS DERIVED FROM THE DATA BASE
OF V.A. MIKHELSON'S OBSERVATORY**

In the article there have been analyzed anomalies in average ten-day air temperatures (from May to August inclusive) during the period of 1989–2007 years. Their time histories (trends) are described by polynomial of fifth degree. Trend smoothes abrupt fluctuations, but it characterizes an average temperature potential of cold or heat wave. According the trend lines and factual changes in temperature there have been obtained analogous in summer periods years.

Атмосфера – основная среда обитания человека. Ее состояние влияет не только на здоровье и комфортность уровня его жизни, но и на эффективность практических всех отраслей производства. Физические процессы в воздушной оболочке Земли тесно связаны с изменениями в гидросфере, литосфере и космическом пространстве.

Неизменность таких климатообразующих факторов как широта, удаленность от океана, высота местности над уровнем моря, расположение рельефообразующих систем, распределение суши и моря, характер подстилающей поверхности, а также высота солнца над горизонтом в определенные календарные периоды создают постоянные начальные условия для формирования характера погод и климата. Внешние для данного региона возмущения атмосферы, вызванные, например, изменением температуры вод Атлантического океана, оказывают влияние на характер и продолжительность установившихся погод. Можно предположить, что при аннулировании внешних возмущений система будет возвращаться в исходное положение.

ние, обусловленное внутренними климатообразующими факторами. Подтверждением этому служит многовековой опыт наблюдений жителей нашей планеты за состоянием погоды и вариантами ее трансформации в различные сезоны года в самых разнообразных климатических зонах земного шара. Этот коллективный труд носит название «народные приметы».

Многочисленные отечественные исследования, проведенные еще в середине XX века в Центральном институте прогнозов, научно обоснованно указывают на однотипность динамики аномалий метеорологических величин в отдельные сезоны и годы, что вызвано определенной синхронностью атмосферных процессов. Е.А. Никитина [9] установила, что значительная аномалия средней месячной температуры обусловлена преобладанием атмосферных процессов с зональной (широтной) или меридиональной циркуляцией. В месяцах, температурный режим которых близок к норме, преобладание процессов какого-либо типа не отмечается. Чаще всего за месяцем с экстремальной температурой следовал месяц, температурный режим которого близок к норме.

Л.Г. Борисова [2] связывает экстремально теплые зимы с двумя типами широтного переноса, а экстремально холодные зимы – с тремя типами синоптических процессов. Это меридиональное вторжение холодных воздушных масс с северо-запада; севера и северо-востока; либо стационарное положение антициклона на востоке европейской части страны. Экстремальным зимам в течение 60–80% дней предшествуют определенные процессы в предзимье.

Сопоставляя атмосферные синоптические процессы января с процессами каждого из шести предшествующих месяцев, Л.Г. Борисова [3] установила, что с вероятностью около 70% аналогичная последовательность процессов имела место в октябре (за 3 месяца), декабря – в марте (3 месяца) и в апреле (4 месяца), сентября – в ноябре, июня – в августе (2 месяца). Повторение 70% процессов происходит и через меньшие промежутки времени (45 дней). Процессы, развивающиеся в 15/I по 15/II, повторяются в марте; с 15/II по 16/III – в апреле; с 17/IX по 16/X в – ноябре. В марте довольно часто повторяются процессы предшествующего сентября (180 дней) и октября (150 дней). В свою очередь количество осуществлявшихся синоптических процессов сентября в 68% случаев повторяет динамику их развития в предшествующем марте. Ею также выявлена синхронность изменения аномальных температур в сентябре и ноябре. Исследуя величины аномалии экстремально теплых или холодных ноябрей (больше 3°C), Л.Г. Борисова [4] сделала вывод, что в ноябре происходит увеличение интенсивности очагов по сравнению с сентябрем на 1–2°C.

Л.И. Блюмина [1], изучая синоптические условия экстремально теплых и холодных синоптических сезонов весны на Европейской территории СССР, пришла к выводу, что после экстремально теплой (холодной) зимы не наблюдалось экстремально холодной (теплой) весны. Но после экстремально теплой (холодной) зимы в отдельные годы может быть экстремально теплая (холодная) весна.

В атмосферных процессах прослеживается не только преемственность отдельных месяцев и сезонов, но даже лет. Анализ связи между урожайностью зерновых и отклонениями температуры от нормы в летний период с 1989 по 2004 годы [6] позволил выявить однотипность динамики средней декадной температуры в отдельные годы и периоды (рис. 1).

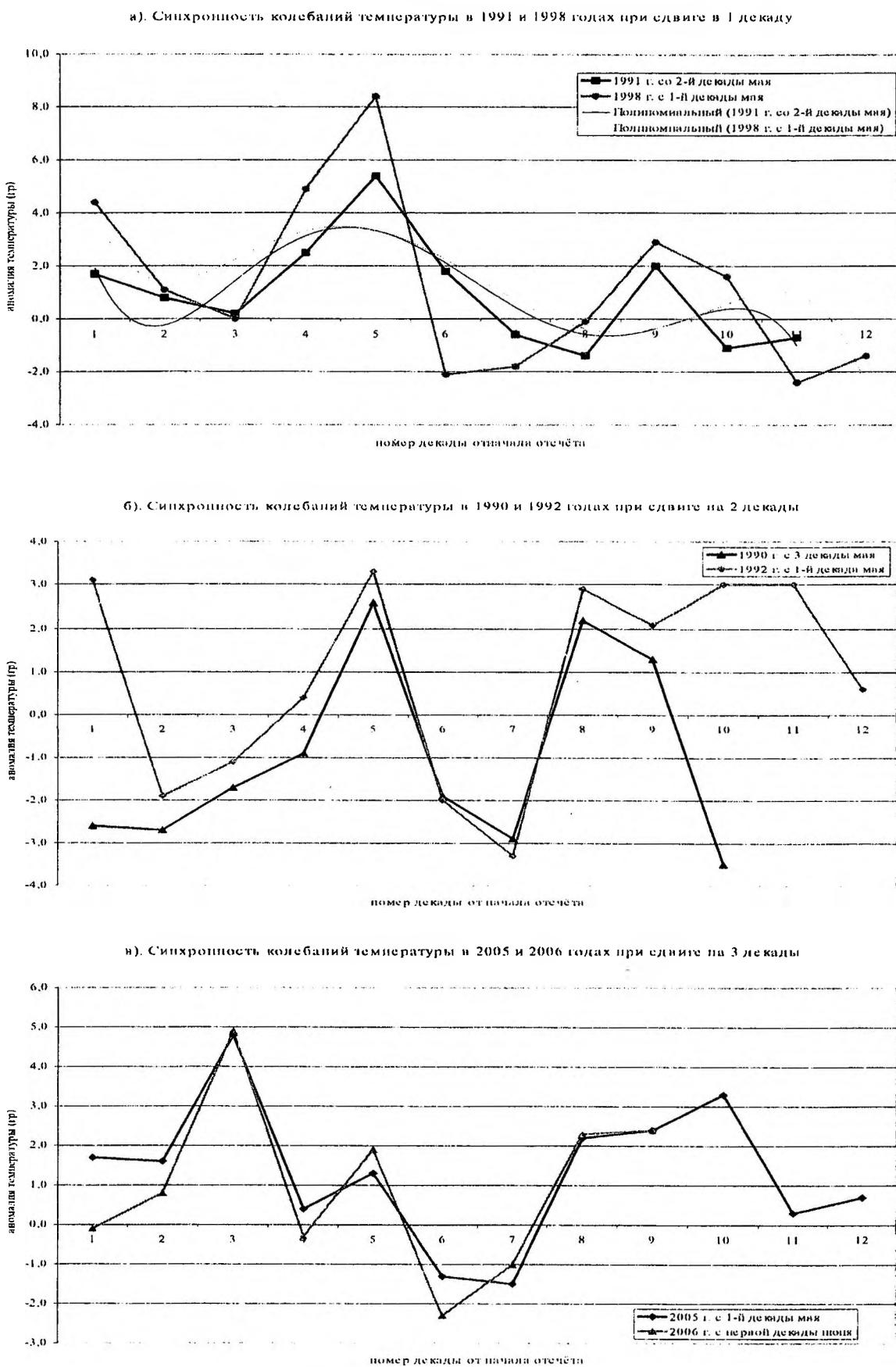
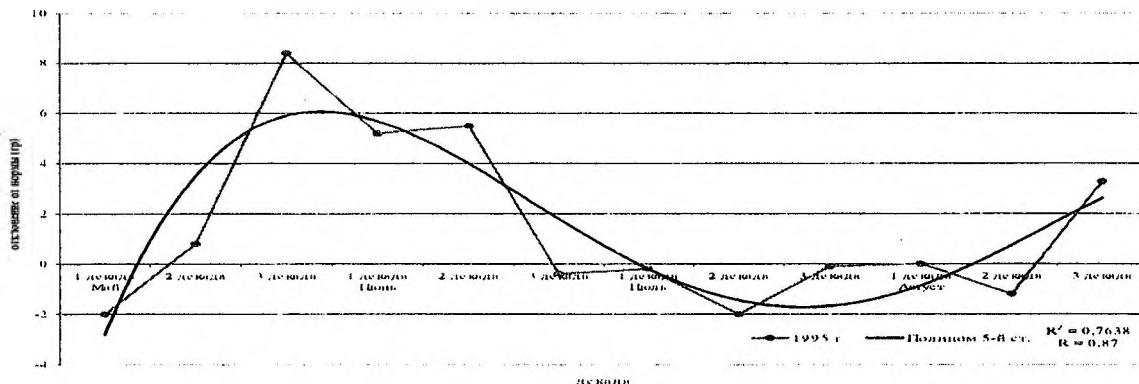
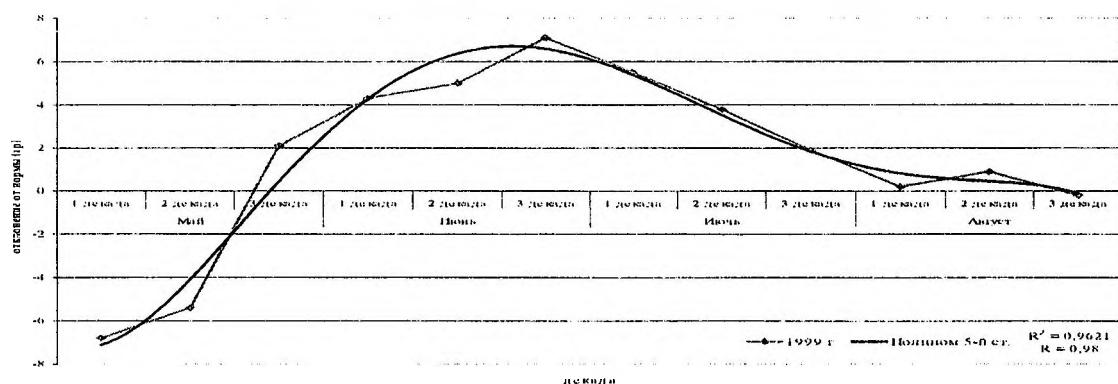


Рис. 1. Синхронность колебаний аномалий средней декадной температуры воздуха летнего периода в различные годы

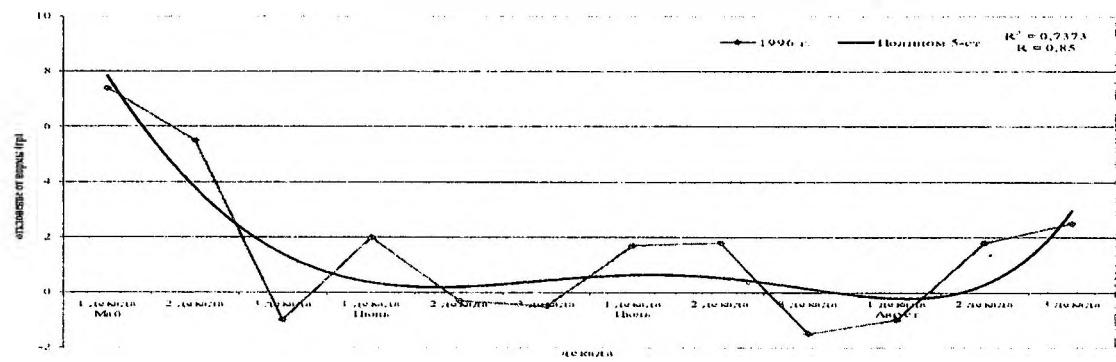
Отклонение средних декадных температур воздуха от нормы в 1995 г.



Отклонение средних декадных температур воздуха от нормы в 1999 г.



Отклонение средних десятилетних температур воздуха от нормы в 1996 г.



Отклонение средних десятилетних температур воздуха от нормы в 2000 г.

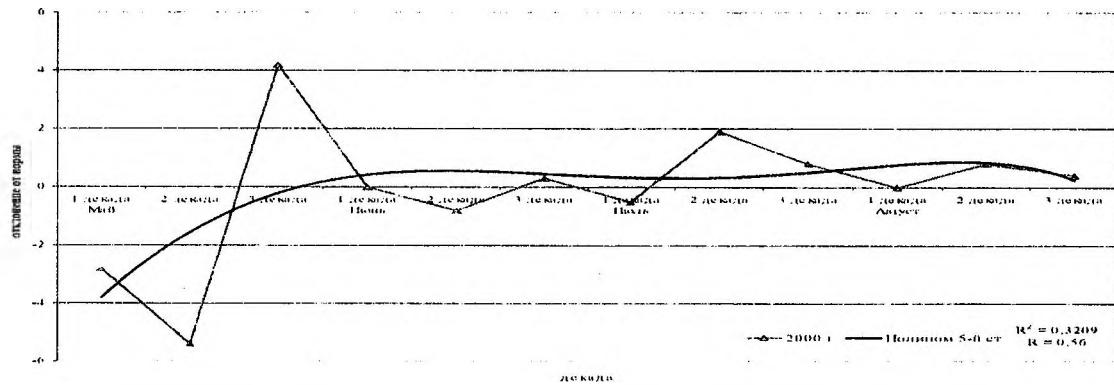


Рис. 2. Годы-аналоги температурных изменений летнего периода

Целью данной работы было проанализировать изменения аномалий (отклонение от нормы) средних декадных температур за май–август по данным метеорологических наблюдений обсерватории имени В.А. Михельсона с 1989 по 2007 годы и подобрать температурные годы-аналоги летнего периода для города Москвы и ближайшего Подмосковья с помощью полинома пятой степени. Средние декадные температуры – это своего рода интегральный показатель теплового потенциала погодных условий. Полином пятой степени сглаживает резкие колебания температуры в результате вторжения волн тепла или холода, характеризуя средний температурный уровень рассматриваемого периода (рис. 2).

Для анализа были опробованы также полиномы 3-й, 4-й и 6-й степеней (табл. 1). Полиномы 3-й степени описывают общую тенденцию (тренд) изменения аномалий температуры (рис. 3) и имеют в основном более низкие коэффициенты корреляции (табл. 1), за исключением лет с одним четко выраженным аномальным периодом.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции уравнений различных степеней,
описывающих линии тренда

Годы	Степень полинома			
	3-я	4-я	5-я	6-я
1989	0,63	0,63	0,74	0,79
1990	0,53	0,53	0,65	0,81
1991	0,52	0,59	0,65	0,73
1992	0,53	0,52	0,68	0,80
1993	0,84	0,89	0,89	0,91
1994	0,61	0,80	0,83	0,84
1995	0,83	0,87	0,87	0,95
1996	0,80	0,85	0,85	0,89
1997	0,24	0,56	0,56	0,60
1998	0,46	0,46	0,56	0,78
1999	0,95	0,97	0,98	0,98
2000	0,54	0,57	0,56	0,67
2001	0,85	0,90	0,90	0,91
2002	0,68	0,82	0,83	0,87
2003	0,59	0,70	0,92	0,93
2004	0,69	0,84	0,84	0,93
2005	0,29	0,65	0,69	0,85
2006	0,22	0,63	0,71	0,81

Более детально ее дают полиномы 4-й и 5-й степеней, кривые которых в большинстве рассматриваемых лет полностью совпадают, но в некоторые годы (1989, 1991, 1998; 1990, 1992 и 2003) полином 4-й степени хуже отражал изменения температуры и был приближен к полиному 3-й степени. Уравнения 6-й степени заметно улучшили соответствие тренда фактическому изменению температуры и имели более высокие коэффициенты корреляции, в некоторых случаях их величина возрас-тала на 0,10–0,16 (1990, 1992, 2000, 2005, 2006 годы). Однако в работе был выбран полином 5-й степени, который хорошо описывал колебания температуры, имел высокие коэффициенты корреляции (табл. 1), и одновременно достаточно схематично в сравнении с полиномами более высоких степеней позволял уловить основные черты процесса повышения или понижения температуры.

Климат Московского региона представляет собой переходный тип между мягким морским, характерным для Западной Европы, и резко континентальным климатом Азиатского материка [7, 8]. В умеренных широтах, согласно планетарной циркуляции, должны преобладать юго-западные ветры, однако Азорский (постоянный) и Азиатский (сезонный) центры действия атмосферы в значительной степени определяют сезонные изменения ветрового режима в Подмосковье. Зимой на территории Московской области преобладают ветры южной, летом – северной четверти, формирующие соответствующий фон температур [5]. Сезонная смена характера циркуляционных процессов и ветрового режима происходит в апреле-мае. В мае нередки вторжения холодных воздушных масс. Они приводят к заморозкам и дают отрицательные аномалии декадных температур. В отдельные годы (1993, 1996, 1997, 1998, 2001, 2002, 2004 годы) средняя температура третьей декады мая была ниже, чем первой, на 5–9°C. Возвраты холода (-2, -3°C ниже нормы) могут наблюдаться в июне (1993, 1994, 2002, 2003 годы) и даже июле (1990, 1992, 1994 годы). В данной работе рассчитаны полиномы 5-й степени, описывающие значительные потепления и похолодания, затем визуально по характеру линии тренда подобраны температурные аналоги летнего периода.

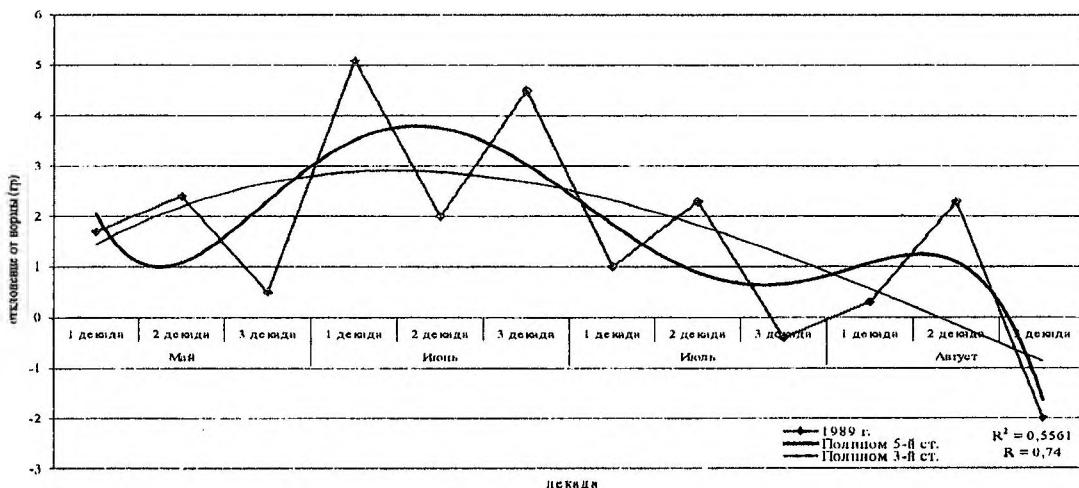
Годы-аналоги: аномально жаркие 1995 и 1999 годы. Особенностью мая в Подмосковье является высокая повторяемость снижения температуры воздуха к 3-й декаде. Но в 1995 и 1999 годы в течение мая наблюдался резкий рост температур. Отклонения декадных температур сменили знак с -2°C (I дек. мая) на +8,5°C (III дек. мая) в 1995 году, и с -7°C на +2°C в 1999 году, а их амплитуда составила 11,5 и 9°C (рис. 2). Преобладание антициклонального характера погоды при максимальной высоте солнца над горизонтом позволило сохранить аномальное тепло. В засушливом 1995 году температура воздуха в течение трех декад подряд превышала норму на +4°C, а в 1999 году – в течение пяти. Количество выпавших осадков в июне 1999 года составило 6,6 мм (9 %) при норме 70 мм, а гидротермический коэффициент – 0,1, что соответствует зоне скучного увлажнения полупустынь. На территории МСХА за все двадцатое столетие, а точнее, с 1881 года, только в 1917 и 1951 годах в июне выпадало 5 мм осадков. В остальные годы сумма осадков за июнь превышала 10–15 мм [6].

К началу августа температура приблизилась к норме. В целом температурный тренд в эти годы имел одногорбый характер с максимумами +6, +7°C в начале лета, сдвинутыми по годам относительно друг друга на две декады (рис. 2).

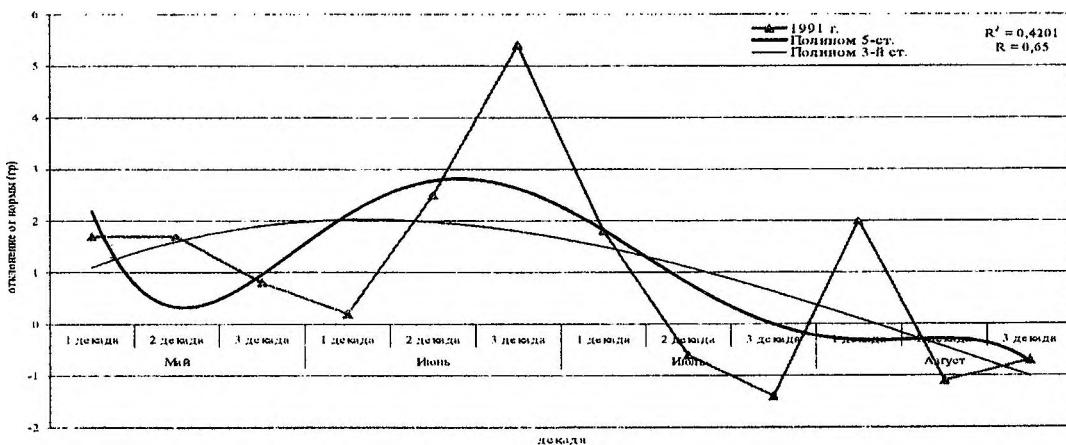
В 1996 и 2000 годах, следовавших за аномально засушливыми 1995 и 1999 годами, температурный режим в календарный летний период был близким к среднему многолетнему. Летом отклонения температуры воздуха от нормы не превышали двух градусов. Однако стартовые позиции по аномалии температуры в мае 1996 и 2000 годов были разными (рис. 2).

1989, 1991, 1998 годы, засушливые в июне (рис. 3), имеют «затухающий» вид тренда с двумя максимумами, более значительным из которых был июньский (+3, +3,5°C). Общей особенностью этих лет является умеренно теплый май, без отрицательных аномалий, но с некоторым понижением температуры к третьей декаде (на 1-2°C). Положительные аномалии декадных температур в июне были большими, от +5°C до +8,3°C, со сдвигом во времени в 1991 и 1998 годах на одну декаду (рис. 1). После мощной волны тепла (с некоторыми колебаниями в 1989 году) ко второй – третьей декадам июля произошло значительное снижение температуры. Однако отрицательные аномалии не превышали -2°C и удерживались только в течение одной – двух декад. В 1998 году похолодание наступило раньше – в третьей декаде июня.

Отклонение средних декадных температур воздуха от нормы в 1989 г.



Отклонение средних декадных температур воздуха от нормы в 1991 г.



Отклонение средних декадных температур воздуха от нормы в 1998 г.

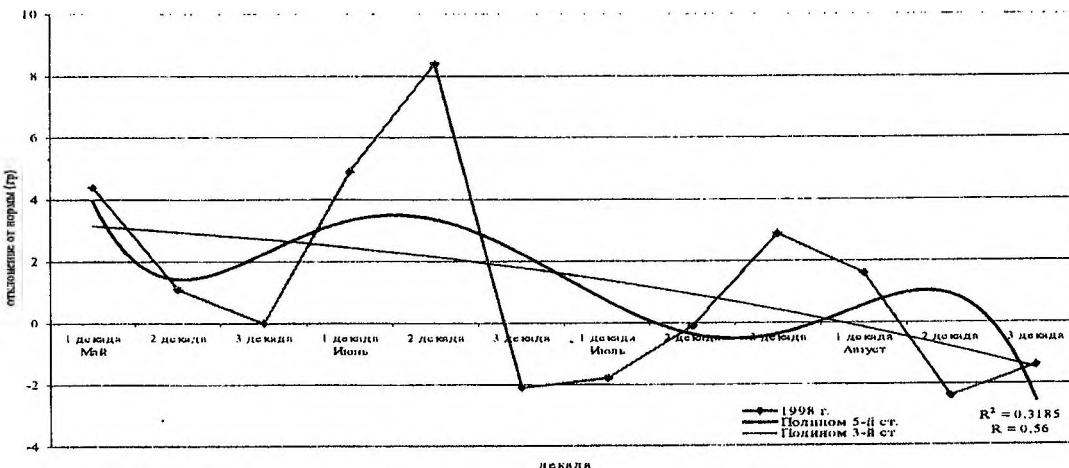


Рис. 3. Годы-аналоги температурных изменений летнего периода

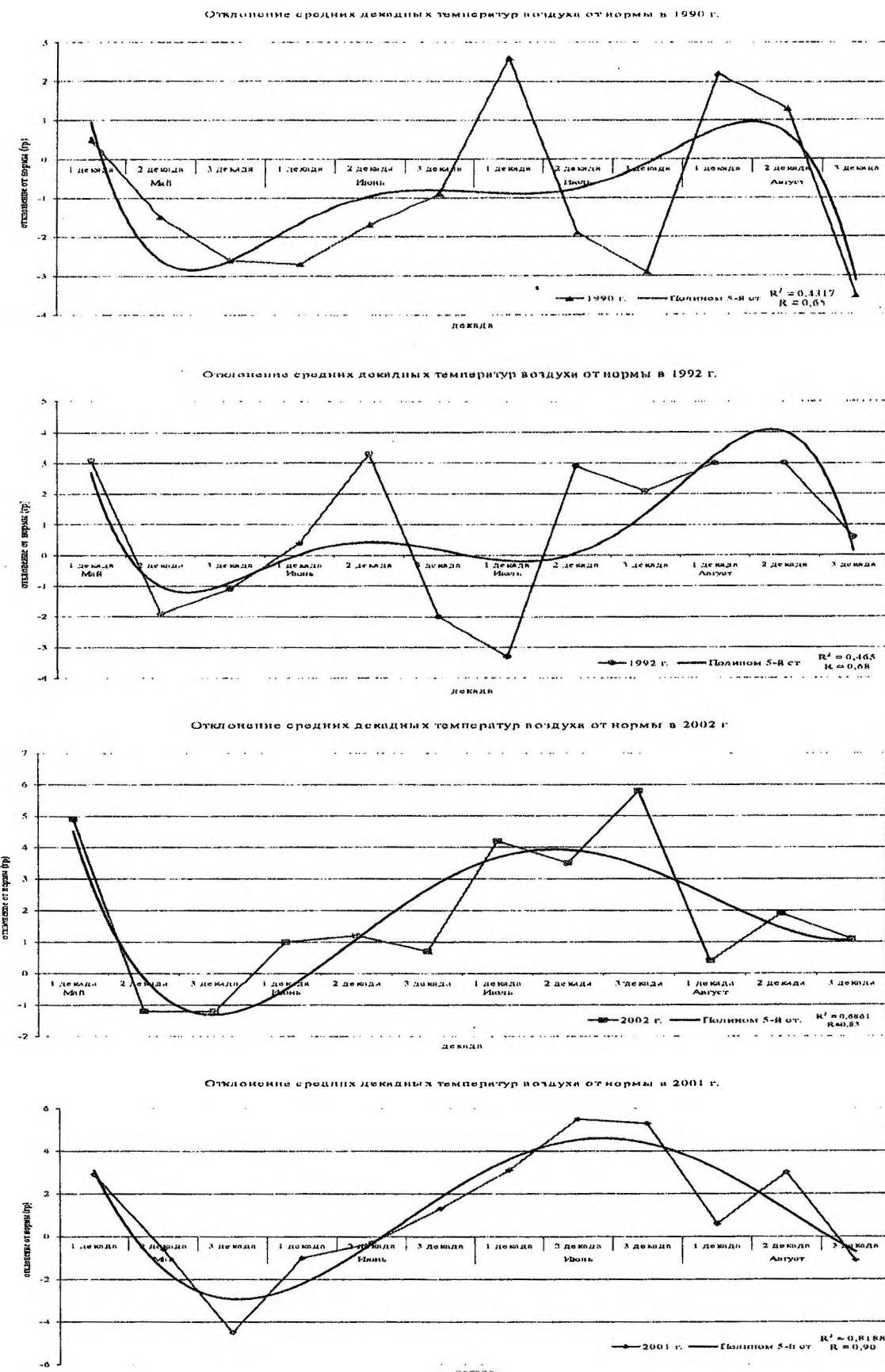
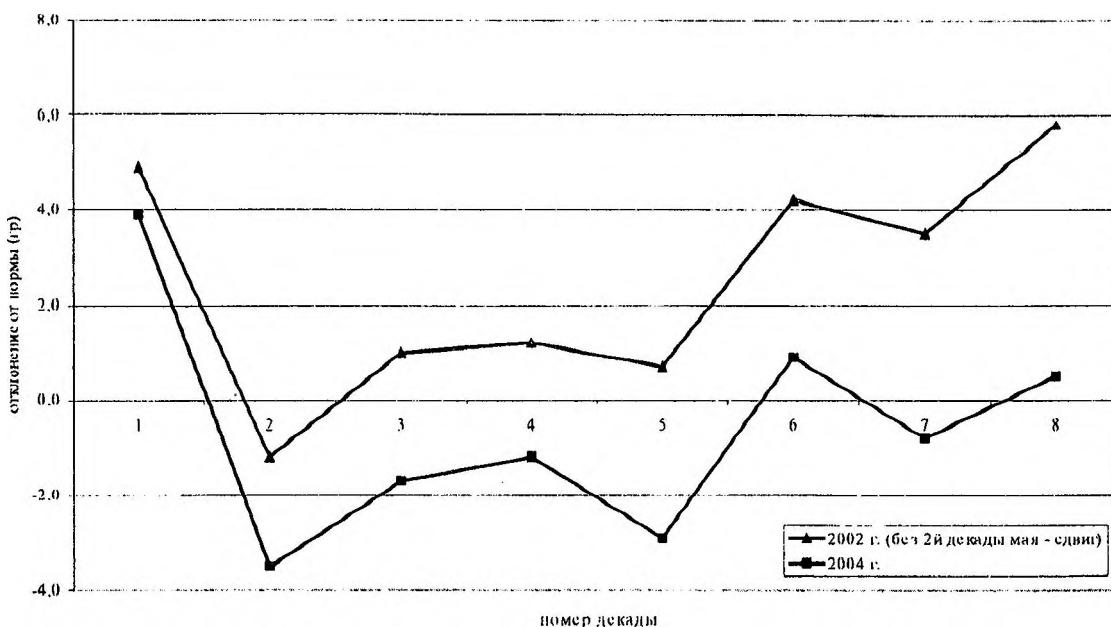


Рис. 4. Годы-аналоги температурных изменений летнего периода

а). Изменение аномалий температуры воздуха с 1-й декады мая по 2-ю декаду июля в 2004 г. и 3-ю декаду июля 2002 году



б). Изменение аномалий температуры воздуха

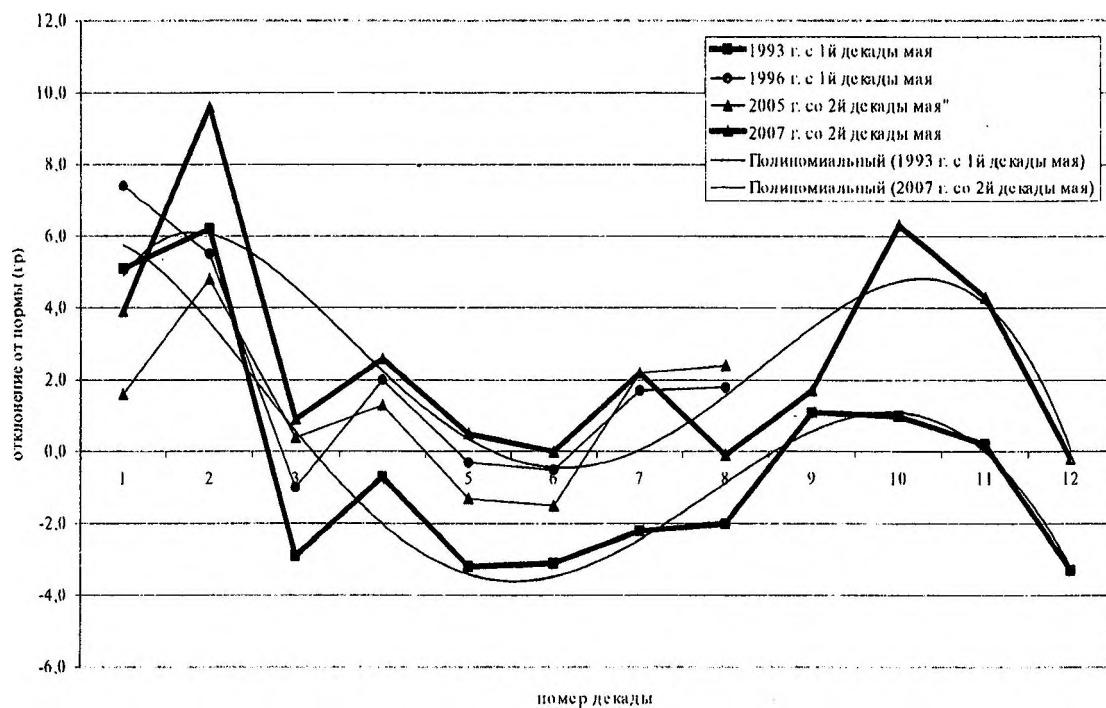


Рис. 5. Синхронность колебаний аномалий средней декадной температуры воздуха летнего периода в различные годы

К первой декаде августа заметно потеплело, затем температура вновь понизилась.

1990 и 1992 годы. В целом возрастающие полиномиальные кривые имеют много общего (рис. 4). Резкое похолодание во второй половине мая 1992 года пов-

торяется в середине лета. Фактические линии аномалий декадных температур сдвинуты относительно друг друга на две декады из-за более длительного похолодания, наблюдавшегося в июне 1990 года. Распределение же волн холода и тепла по амплитуде и динамике на графиках в основном совпадают. В течение восьми декад линии почти синхронны (рис. 1).

В 2001 и 2002 годах с жаркой «макушкой» лета первая декада мая была теплой (рис. 4). К концу мая похолодало, но более сильно, чем 1990 и 1992 годах. Значения средней декадной температуры понизились на 6-7°C. Затем начался постепенный рост температуры. Своего максимума (+5°C, +6°C) ее аномалии достигли к концу июля. В результате графики трендов имеют «одногорбый» вид. В 2004 году процесс изменения температур в течение первых 7-8 декад в основном повторял 2002 год (рис. 5а). Но температурный потенциал 2004 года был ниже чем 2002 года: в начале лета на 2-3°C, а в июле на 4-5°C. В результате потепление в июле не было таким значительным и растянулось до третьей декады августа. Характер линии тренда 2004 года со второй декады июля несколько отличается от ее динамики в 2001 и 2002 годах, которые по виду графиков являются типичными годами-аналогами летнего периода.

В 1993, 2003, 2005, 2007 годах май был теплым, а некоторые декады аномально теплыми (на +5°C, +10°C выше нормы), но к началу июня резко похолодало. В 1993, 2003 году в июне и даже в начале июля удерживалась в основном прохладная, а в отдельные декады была холодная погода с отклонениями -3°C, -4°C. В 2005, 2007 году в июне температура была близка к норме. В целом первая половина лета в эти годы оказалась холодной, или значительно прохладнее, чем в отдельные декады мая. К концу июля – началу августа заметно потеплело. В результате для динамики тренда летней температуры этих лет характерны два максимума в мае и в конце июля – начале августа, и минимум в июне.

В течение семи декад первой половины весенне-летнего периода 2005 и 1996 годы (рис. 5б) имели близкую динамику отклонений температуры воздуха (сдвиг в одну декаду).

В эту группу вошли также одинаковые по динамике, но разные по уровню температур 1993 и 2007 годы (рис. 5б). 2007 год начинался, как и очень засушливый 1995, с резкого нарастания тепла от -2,4°C ниже нормы (I дек. мая) до +9,6°C выше нормы (III дек. мая). Но если в 1995 году жарко было и в последующие две декады, то в 2007 году температура резко понизилась почти на 9°C. И ее колебания в течение пяти декад повторяли ход отклонений температуры в 1996 и 2005 годах. Во второй декаде августа спустя восемь декад после экстремального мая в Москву вернулось аномальное тепло (+6,3°C выше нормы). В целом же 2007 год летом почти ежедекадно был теплее на 3-4°C, чем холодный 1993 год. В первой и второй декадах мая 1993 года температура воздуха превышала норму на 5-6°C, затем после резкого похолодания в течение 6 декад было холоднее обычного на 2-3°C. В результате самое высокое значение средней декадной температуры за почти трехмесячный период с 1 мая по 20 июля имела вторая декада мая (18,3°C). В 2007 году также самое высокое значение температуры за весь рассматриваемый период пришлось на май (третья декада – 23,6°C).

Гидротермический коэффициент в июне, июле и августе 1993 года был очень высоким и составил 2,66; 3,57; 2,37 соответственно. Необходимо отметить, что коэффициент увлажнения 1,5 и более характерен для зоны избыточного увлажнения (тундра, лесотундра). Такие условия порождают болезни, полегание зерновых культур, вызывают сокращение площадей, пригодных для сбора зерна, снижают урожайность и валовой сбор [6].

1993 и 2007 годы объединяет не только динамика температур и линий тренда, но и своего рода синоптическое блокирование с востока и юга. В 1993 году в Сибири (Эвенкия) лето было настолько жарким, что вызвало массу больших пожаров. Площадь только одного пожара составляла примерно 30 тысяч гектаров, во Франции в засушливые годы пожар на площади 4 тысячи га расценивался как национальная катастрофа. В 2007 году необычайная жара стояла на Северном Кавказе и Средиземноморье. В Греции, где были побиты все температурные рекорды наблюдений, непрекращающиеся пожары лесов приобрели политическое значение.

В 1997 и 2006 годах линии тренда имеют похожий вид, но они смешены во времени на одну декаду, так как похолодание, начавшееся в середине мая 2006 года, было более продолжительным, хотя и меньшим по величине. Полином 5-й степени описывает две волны холода в конце мая и начале августа, и волну тепла в конце июня. Необходимо отметить, что обнаруживается высокая синхронность колебаний аномалий летних температур 2006 и 2005 годов при сдвиге в 3 декады (рис. 5в). В годовом ходе аномалий температуры у этих лет имеется аналогичный трехдекадный сдвиг.

1994 год не имеет аналогов в исследуемом периоде. Весь май, июнь и первая декада июля 1994 года были холоднее обычного на 1,5–3°C. Потепление началось с середины июля и достигло пика в августе. В течение двух декад средняя температура воздуха превышала норму на +3,5°C. Максимум августа 1994 года в рассматриваемом периоде был перекрыт только в 2007 году. В третьей декаде августа 1994 года вновь резко похолодало. Этот год предшествовал засухе 1995 года в Подмосковье.

Академики А.М. Обухов, М.В. Курганский, М.И. Татарская [10], изучавшие динамические условия возникновения засух и других крупномасштабных погодных аномалий, считают одной из причин появление в атмосфере «сверхдолгоживущих» блокирующих образований. В результате меридионального, расщепляющегося или омега-блокирования на перифериях образований формируются мощные с аномальными температурами северные или южные воздушные потоки. Их работами выявлено также совпадение сбоев квазидвухлетней цикличности атмосферы с катастрофическими засухами в СССР.

Существуют две основные теории о влиянии на крупномасштабные погодные аномалии гидродинамических свойств блокирующих образований [10]. Первая основную роль отводит внешним причинам, в частности орографии. Например, блокирование меридионального типа над Скалистыми горами, вызывающее засухи в Канаде и США, и блокирование с расщеплением линий тока над Тибетом, что обусловлено конфигурацией горных систем. Кстати, последние восемь лет в Индии, в отличие от европейской части России, отмечается отрицательная годовая аномалия температуры. Возбуждаемые подветренные волны Россби при определенных условиях приводят к генерации незатухающих колебаний. Согласно второй теории, при наличии приземного трения и внешнего зонального привода система «твёрдая Земля – атмосфера» имеет несколько равновесных состояний, в которых атмосферная циркуляция обладает свойствами блокирования. В настоящее время тонкие измерения угловой скорости вращения Земли позволяют выявить изменения суммарного момента импульса атмосферы, сопровождающие явление блокирования [10].

Рассмотренный в данной работе период 1989–2006 годов является самым теплым за всю историю наблюдения, с наиболее теплыми зимами и многочисленными аномалиями, перекрывшими большинство рекордов двадцатого столетия, в том числе и летних. Необходимо отметить, что, помимо антропогенных причин, существуют внешние факторы. Например, космические, которые своим влиянием на силу

тяготения могут дать импульс атмосфере и вызвать изменения в циркуляционных процессах. В последнее десятилетие Венера прошла по диску Солнца, такое событие парного прохождения (2004, 2012 годы) происходит один раз в 130-140 лет. «Великое противостояние» Марса, наблюдавшееся в начале третьего тысячелетия, характеризовалось наикратчайшим расстоянием до Земли за последние 73 тысячи лет.

Выполненная работа и ранее проведенные исследования [6] позволяют сделать следующие выводы. Средние декадные температуры – это своего рода интегральный показатель теплового потенциала погодных условий. Температурные аналоги не должны жестко ограничиваться календарными сроками, так как резкое похолодание или потепление может произойти в начале или конце десятидневки, поэтому при анализе возможен сдвиг на 1-2 декады. Подбор летних аналогов облегчает меньшая изменчивость температур. Летом величина среднеквадратичного отклонения температуры в два раза меньше, чем зимой. Использование полиномов высоких степеней для анализа отклонений от нормы средних декадных температур воздуха позволяет выявить значительные волны тепла или холода, обусловленные синоптическими процессами в атмосфере. «Одногорбый» характер тренда продолжительностью 6-8 декад (1995, 1999, 2001, 2002) свидетельствует об аномально засушливых условиях летнего периода. Более типичным для Подмосковья является наличие двух достаточно четко выраженных волн тепла или холода. Длина волны может быть короткой продолжительностью 3-5 декад (1990, 1991, 1992, 1998 годы) или более длинной 6-8 декад (1993, 2003, 2005, 2006, 2007 годы).

Довольно часто характер трендов летней температуры повторяется через год (1989 и 1991; 1990 и 1992; 2003, 2005 и 2007) или в следующем году (2001 и 2002). Возможно, это связано с квазидвухлетней цикличностью в атмосфере. Динамика температур в первую половину лета 2004 года также в основном повторяла 2002 год.

В отдельные годы на графиках прослеживается синхронность изменения температуры в течение 7-8 декад (1990, 1992 годы; 1993, 1996, 2005, 2007 годы), хотя температурный потенциал летнего периода бывает разным (2002 и 2004 годы, 1993 и 2007 годы).

Существование температурных аналогов при различных атмосферных возмущениях подтверждает, что физико-географические особенности территории являются основополагающими для формирования типов погод. Использование полинома-аналога дает математическое обоснование в подборе лет для изучения и анализа по сборно-кинематическим картам синхронности синоптических процессов, позволяет в определенной степени предвидеть характер изменения температуры летом, дать оценку видов на урожай.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюмина Л.И. Синоптические условия экстремально теплых и экстремально холодных синоптических сезонов весны на Европейской территории Союза ССР // Труды ЦИП, выпуск 11(38). – Л.: Гидрометеоиздат, 1949. – С. 3–29.
2. Борисова Л.Г. Синоптические условия экстремально холодных и экстремально теплых синоптических сезонов зимы на Европейской территории Союза ССР // Труды ЦИП, выпуск 11(38). – Л.: Гидрометеоиздат, 1949. – С. 135–162.
3. Борисова Л.Г. Климатологическая связь синоптических процессов // Труды ЦИП, выпуск 71. – Л.: Гидрометеоиздат, 1958. – С. 27–39.
4. Борисова Л.Г., Дмитриев Ю.Н. Аналогия в распределении аномалий среднемесячной температуры воздуха сентября и ноября // Труды ЦИП, выпуск 71. – Л.: Гидрометеоиздат, 1958. – С. 38–43.

-
5. Зайцева А.А., Литвиненко Л.Н., Матвеев Н.П., Чурилова Е.А. Влияние рельефа Московской области на ветровой режим // Вестник МПУ № 5. Серия «Экология и охрана природы». – М.: Изд-во МГОУ «Народный учитель», 2002. – С. 104–109.
 6. Литвиненко В.В., Литвиненко Л.Н. О возможности увеличения производства зерна в Центральном федеральном округе // Вестник МГОУ №3 (40/1). Серия «Естественные науки». – М.: Изд-во МГОУ, 2006. – С. 76–92.
 7. Матвеев Н.П., Сераев Н.А. Воздушная оболочка Земли. Учебное пособие. – М.: МПУ, 1997. – 348 с.
 8. «Метеорология и гидрология». – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – №10, С. 5–12.
 9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, части 1-6, выпуск 8 «Москва и Московская область». – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 256 с.
 10. Никитина Е.А. Анализ и прогноз аномалий температуры воздуха весенних месяцев // Труды ЦИП, выпуск 71. – Л.: Гидрометеоиздат, 1958. – С. 67–77.
 11. Обухов А.М., Курганский М.В., Татарская М.С. Динамические условия возникновения засух и других крупномасштабных погодных аномалий //

**Лукьянова Т.С., Зубов В.И.,
Матвеев Н.П., Чепалыга А.Л.
Московский государственный
областной университет (МГОУ)**

О СОВРЕМЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПРИРОДЫ АНТРОПОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕЩЕРЫ

Современные пожары, очагами которых являются увлажненные, осущеные (антропогенные) земли Мещеры, не могут быть затушены обычными средствами. Процессы, происходящие на данной территории, требуют глубокого исследования с использованием всех имеющихся, современных научных технологий и научных кадров. Необходима разработка научных проектов по практическому созданию рекультивационных территорий с рекреационно-агротехническим ландшафтом.

*Lukianova T.S., Zubov V.I.,
Matveev N.P., Chepaliga A.A.
Moscow State Region University (MSRU)*

ABOUT MODERN CHARACTERISTIC OF NATURE OF THE POLLUTING TERRITORY OF MESHERA

Contemporary fire (their breeding ground are wet and drainage lands of Meshora) are not be able extinguished by ordinary resources. Processes take place are going on their territory calls for special investigations with using all of having modern scientific technology and scientists. It is necessary to elaborating the scientific projects about making reconstruction of the territory with the agro technical landscapes.

Район исследования геоэкологической экспедиции географического факультета МГОУ находится на самой границе с Владимирской и Рязанской областями. На территории неоднократно проявлялись морские и континентальные режимы. При континентальных стадиях район размывался, закладывались реки и формировались речные долины и междуречья. Наиболее длительные континентальные периоды наблюдались в пермско-триасовое время (доюрское) и в палеоген-неогеновое время. Рельеф Мещерской низменности образовался, в основном, в дочетвертичный период. Окончательно он сформировался в ледниковую и послеледниковую эпохи (1). В связи с тем, что рельеф имеет низинный характер, часто могут быть и благоприятными условия формирования увлажненных территорий.

В районах флювио-гляциальных песчаных отложений в областях водоразделов и склонов к долинам возникают в Мещере верховые болота. Низинные болота располагаются на первой или второй террасах в речных долинах. Причиной тяготения верховых болот к водоразделам, а низинных к речным долинам является происходящее все время в одном направлении обеднение области водоразделов растворимыми минеральными соединениями, с одной стороны, и обогащение речных долин – с другой. Большую роль в обеднении водораздела играет почвообразовательный процесс. Именно он ведет в лесной зоне к оподзоливанию водораздельных почв. Уносимые при оподзоливании элементы, такие как калий, кальций, фосфор и железо подхватываются грунтовыми водами и скапливаются в местах их выхода в речных

долинах. Основным фактором, определяющим тип болота, является степень богатства питающей его воды минеральными солями. В связи с этим распределение верховых и низинных болот отражает создавшееся неравномерное распределение минеральных веществ. Играет роль и значение положения верхового болота на плоской песчаной террасе или на склоне водораздела.

Велика дренирующая роль песчаных террас и, вследствие этого, высока степень разложения торфяников. Таким образом, прямым фактором, способствующим созданию на верховом болоте «динамических центров», является водный режим болота; который, в свою очередь, связан с рельефом, водами окружающей среды, и с дном торфяного болота.

Условия насыщения почвы водой создаются под влиянием косвенных факторов болотообразования — климата, рельефа и состава грунтов, то есть основных элементов, определяющих собою ландшафты местности. Климат накладывает свою печать, уменьшая и сводя к нулю образование торфяных болот в пределах региона по направлению к югу и юго-востоку.

Климатические границы различны для низинных болот. Они образуются при залегании их поверхности всегда ниже уровня грунтовой воды или открытой водной поверхности. А у верховых болот поверхность может нередко значительно выышаться над уровнем грунтовой воды прилегающей местности. Верховые болота, лишенные питания грунтовой водой, могут существовать только, когда приход питающей их атмосферной влаги превышает ее расход (испарение).

По условиям климата начало отложения торфа и, следовательно, образование болота происходит в нижеперечисленных случаях избыточной влажности.

1) Возникает высокий уровень грунтовых вод (наиболее распространенный фактор), вызывавший в послеледниковую эпоху и сегодня начало отложения торфа. Крупнейшие верховые массивы, расположенные на плоских водоразделах песчаных районов, были началом отложения торфа, в связи с высоким стоянием зеркала грунтовой воды. Современное заболачивание (в местах, прилегающих непосредственно к болоту) вызвано поднятием уровня грунтовой воды, в связи с нарастанием толщи болота.

2) Происходят выходы ключей — притеческие болота, ключевые болота являются болотами низинного типа с высокой зольностью.

3) Поверхностный сток связан с образованием болот низинного типа, невысокой зольности, так как воды атмосферных осадков сравнительно бедны минеральными солями. Воды поверхностного стока — делювиальные, поступающие с ближайшего склона, являются дополнительным источником водного питания для болот, расположенных в речных долинах или водораздельных котловинах региона.

4) Открытая водная поверхность является началом нарастания зыбuna (сплавины) из мхов и осок на поверхность озера.

Территория непосредственного исследования в 2005–2006 годах — это Шатурский район, его протяженность с севера на юг 92 км, с запада на восток — 55 км. Как административная единица район молод: официально он обозначен в 1956 году.

Район является одним из самых больших по территории и самым удаленным от Москвы. Районным центром является город Шатура. Как и вся Мещера, район богат озерами и болотами, здесь насчитывается 48 озер, это, наряду с болотами — 34% его территории. Главные реки: Припять, Поля, Воймега, Летовка, Ушма. Наиболее крупное болото — Петровско-Кобелевское.

Разработка торфа на болотах района началась с периода открытия Шатурской

ГРЭС. Были образованы Шатурское и Петровское торфопредприятия. В 1936 году поселок Шатура был преобразован в город. Огромную роль сыграл шатурский торф в годы Великой Отечественной войны для столицы.

Когда Москва была отрезана от основных топливно-энергетических районов, она продолжала бесперебойно получать топливо и электроэнергию из Шатуры.

Сейчас осуществляется переход Шатурской ГРЭС на газовое топливо, что будет благоприятно сказываться на экологической обстановке в районе. Сегодня возникла острая проблема «бросовых» земель после торфоразработок. Несомненно, торф используется в районе для разнообразных нужд сельского хозяйства и отопления жилищ. Однако это не снижает, в целом, возникшей и продолжающей оставаться крайне важной проблемы рекультивации земель после выработки на них торфа. Более подробно историю торфоразработок в Шатурском районе можно прочитать в работе Козлова В.А. (2). Для дальнейшей оценки геоэкологической ситуации в районе исследований была исследована морфоскульптура современного рельефа с учетом антропогенного влияния на него. В целом для морфоскульптуры рельефа Мещеры характерны песчаные и глинистые карьеры с многочисленными торфяными выработками отвалов. В результате образовавшихся карьеров большая часть естественных ландшафтов, почв, растительности в районе исследования уничтожена.

В связи с постоянным загрязнением самих карьеров, они преобразуются в свалки. В результате часто происходит загрязнение и подземных вод. Повсеместно в районе нарушены поймы рек. Это связано с закладкой песчаных карьеров, насыпей, опор для линий электропередач.

Изменяется микрорельеф пойм, появляется валиковость, лунковость, закочкаренность, тропинчатость, происходит заболачивание почв.

Распашка пойм также нарушает микрорельеф и приводит к их переувлажнению. Распашка песчаных пойм вызывает их размытие и развеивание.

Вырубка кустарника в оврагах, перевыпас скота в них нередко вызывают появление донных и верховых оврагов, вынос из них и отложение на пойме пролювия. Происходит и засорение пойм плохо отсортированным материалом. За счет конусов выноса возникает изменение микрорельефа пойм.

При сильном загрязнении рек изменяется состав аллювия, появляются прослойки с содержанием нефтепродуктов, органических отходов. За последние двадцать лет возросла агрессивность поверхностных и грунтовых вод. Это вызывает усиленное растворение карбонатных пород и оживление карстовых процессов.

Откачка подземных вод способствует образованию депрессивных воронок, увеличению уклонов и скоростей подземных потоков, что также способствует активизации карстовых процессов. В суглинистых и супесчаных грунтах интенсивная фильтрация воды может вызывать просадочные явления. Изменению рельефа способствует развитие дорожной сети. Для выравнивания профиля дороги строятся насыпи, вызывая заболачивание придорожных территорий, заливание перечисленных форм рельефа (3).

Болота, как увлажненные территории (в данном исследовании восточный регион Московской области), – это неотъемлемая часть природы. Они рассматриваются как особые географические ландшафты, которые представляют собой одно из звеньев в цепи взаимосвязанных компонентов биосферы.

Увлажненные территории играют важную роль в формировании гидрологического режима территории, влияют на микроклимат, препятствуют развитию эрозионных процессов, аккумулируют значительный спектр загрязняющих веществ из

атмосферы, накапливают углерод в виде торфяных отложений. Они часто определяют формирование газового состава атмосферы, обогащая воздух кислородом и метаном. Кроме того, они являются местами обитания многочисленных птиц, животных, а также исчезающих и редко встречающихся растений.

Однако в результате антропогенного вмешательства в природу увлажненных территорий изменился их гидрологический и химический режимы, перестала накапливаться торфяная залежь, видоизменилась структура растительного покрова, идет смена фитоценозов с образованием вторичного растительного покрова. Либо возникают «бросовые земли», которые, по сути, непригодны для их рекультивации. Здесь существует постоянная угроза пожаров. Охрана и рациональное использование увлажненных территорий после торфоразработок крайне важны. Выработанные торфяники (где запасы исчерпаны), представляют очень серьезную опасность: пожары, появляющиеся в них, чрезвычайно трудно тушить, поскольку центры таких пожаров находятся под землей. Периодическое самовозгорание летом, постоянное тление зимой торфа под воздействием болотного газа метана, расположенного под слоем так называемого пограничного горизонта (слоя, хорошо разложившегося, большей частью сосново-кустарникового торфа, с сидящими в этом слое крупными пнями сосны) является постоянной угрозой распространения задымления над рассматриваемым регионом, Московской областью и г. Москвой. Наиболее ярко это выглядело в 1972 и 2002 годах. В эти годы сильнейшие пожары, в частности, в Шатурском районе, были вызваны пришедшим с юга огромным антициклоном воздушных масс. Медленно расползаясь по всей территории Восточно-Европейской равнины, антициклон (область высокого давления) расположился на равнине в 1972 году (в конце июля и начале августа) и 2002 году (в июле-августе) в течение лета и в начале осени. Тогда не выпало ни капли дождя. При этом температура воздуха для данного региона была аномально высокая – до 37-38°C в тени.

Таким образом, благодаря сухости воздуха и жаре, были созданы идеальные условия для самовозгорания на увлажненных территориях и стремительного распространения площадей (а не очагов) горящих почвенных покровов. В то же время в атмосфере распространился смог по всей Московской области, а в г. Москве просто нечем было дышать.

Необходимо отметить, что в природе Мещеры изначально, то есть еще сотню лет тому назад, не было заложено таких катастроф. Местные долгожители много раз говорили, что на их памяти не было пожаров в природе до начала эксплуатации территории в качестве бассейнов добычи торфа.

Например, одним из центров современных пожаров является поселок Туголесский Бор. Если обратить внимание на название «Туголесский Бор» (Шатурский район), то в нем выделяется слово «бор». Бор – это «сосновый лес, сосняк, чистый сосновый лес на бедных сухих песчаных и супесчаных почвах равнин», так указано в энциклопедическом словаре терминов по физической географии автором профессором Щукиным И.С. (4). Из этого определения Щукина И.С. следует, что еще совсем недавно (лет 100 тому назад) на месте современных бросовых, пожароопасных земель и «черной жижи» были непроходимые сосновые леса – боры.

Известно, что центрами пожаров являются либо увлажненные территории, либо осущененные в начале 30-х годов XX столетия земли. В те годы торф был жизненно необходим для нужд тепловых электростанций, начинаяших работать на очень дешевом топливе, которое, к тому же, не было необходимости перевозить (реализация ленинского плана ГОЭЛРО). Кстати, важность реализации такого плана трудно

переоценить, поскольку миллионы людей стали жить не при свечах, а при электрических лампах.

В тот временной период и возник ряд научно-исследовательских институтов. Это Инсторф, Центр.торфст.КЗем; Научно-исследовательский институт торфа и т.д. Все они работали над реализацией идеи того, каким образом на пониженных территориях равнины (в данном случае Мещерской низменности) создать благоприятные условия для образования торфяного слоя на болотах и преобразовать его в торфяные брикеты.

Следующим этапом была организация его добычи, переработки и использования. В целом данные работы велись, более всего, с целью максимальной добычи торфа как самого дешевого топлива, добываемого вблизи Москвы. При быстрой вырубке соснового леса, растущего в понижениях равнины, возникали и возникают благоприятные условия для быстрого образования пограничного слоя в низинных увлажненных районах и болот над ним.

Вот как описывались болота в 1932 году для целей добычи торфа как топлива Д.А. Герасимовым (1): «Верхний мало разложившийся слой пригоден для подстилки или изготовления изоляционных материалов. Благодаря снятию этого очеса, улучшаются топливные качества торфа, получаемого из оставшейся массы, и увеличивается пригодность его для коксования и брикетирования, пограничный горизонт, благодаря сильной степени гумификации торфа, является, как уже указывалось, непроницаемым для воды. Последняя скапливается над пограничным горизонтом, переводя в полужидкое состояние непосредственно налегающий на него слой мало-разложившегося торфа».

Возникающий на глубинах от 30 см до 1,2 м «топляк» из корней деревьев и их пней действительно образует водонепроницаемый слой, позволяющий быстро развиваться торфу. Однако в конечном итоге торф был выработан с данной территории, а водонепроницаемый слой вместе с «торфяной жижей» поднялся и занял его место. [В геологии в глобальном масштабе такой процесс называется изостазией. (Изостазия («isostasios» – равный по весу) – равновесное состояние земной коры, при котором она как бы плавает на более твердом и тяжелом субстрате (4)].

В результате произведенной и производимой сегодня добычи торфа, на увлажненных территориях Мещеры возникло нарушение равновесия слоев почвенного покрова. Водонепроницаемый слой (пограничный горизонт), вероятно, приподнялся. Между ним и более глубокими слоями и материнской породой (более твердой, на котором он лежит) возникли так называемые «карманы» пустот. В них очень быстро стал накапливаться болотный газ – метан. С тридцатых годов двадцатого века, когда были произведены начальные выработки торфа, происходило накопление газа в «карманах», а при выходе в атмосферу (при высокой температуре и взаимодействии с кислородом) его возгорание. Таким образом, легко понять, что современные пожары, очагами которых являются увлажненные, антропогенные, осущенные, «броневые» земли запада Мещерской низменности, не могут быть затушены обычными противопожарными средствами. Процессы, происходящие на данной территории, требуют глубокого исследования с использованием всех имеющихся современных научных технологий и научных кадров. Существует необходимость разработки научных проектов по практическому созданию рекультивационных территорий с рекреационным и рекреационно-агротехническим ландшафтом в районе. Одним из таких проектов был предложен в 2005 году рядом ученых естественно-экологического института МГОУ (5). В случае реализации данных исследований, с учетом организа-

ции всех экологических сил: студентов, аспирантов, ученых всех возможных вузов Московской области, при участии властей Московской области, можно будет в итоге создать совершенно новый регион. В нем органично смогут переплетаться естественные ландшафты с санаторно-курортной архитектурой, с историческими памятниками и природными заповедниками. А у населения появится значительное количество рабочих мест, не уничтожающих, а поддерживающих свою малую Родину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов Д.А. Торф. Его происхождение, залегание и распространение. – М.; Л., «Гос науч-техн. горное изд-во», 1932. – С. 25–37.
2. Козлов В.А. Шатурские торфяники. – Шатура, 2001.
3. Матвеев Н.П. Очерки экологии Подмосковья. М.: МГОУ, 1997.
4. Щукин И.С. Четырехъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1980. – С. 168.
5. Лукьянова Т.С., Зубов В.И., Коничев А.С., Матвеев Н.П., Чепалыга А.Л. Актуальные задачи геоэкологических исследований Московской области: Приложение к Вестнику МГОУ: Серия «Естественные науки»: География, экология, экономика: Актуальные проблемы науки и образования. – М.: Изд-во МГОУ, 2005. – С. 158–164.

Сушкова И.В.

Московский государственный
областной университет (МГОУ)

**К ИСТОРИИ ВОПРОСА О РЕКУЛЬТИВАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО
ПОКРОВА НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ И ЗЕМЛЯХ,
НАРУШЕННЫХ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧЕЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

В статье говорится о необходимости восстановления растительного покрова на землях, нарушенных открытой добычей полезных ископаемых и торфа, освещается история данного вопроса, приводятся примеры рекультивации земель в России и за рубежом.

Sushkova I.V.

Moscow State Regional University (MSPU)

**CONCERNING THE PROBLEM OF PLANT GROUND FORMATION
RECULTIVATION ON THE LANDS FAUTET DUE TO MINERALS AND
PEAT OPEN-MINING**

In the article the problem of necessity of restoration of plant formation on the lands faulted due to minerals and peat open-mining is being discussed. The article also covers the history of this question and exemplifies recultivation in Russia and from abroad.

В настоящее время земли, поврежденные добывающей промышленностью и непригодные для дальнейшего использования, носят название техногенные ландшафты, которые повсеместно распространены на территории России и за рубежом. Данные территории нарушают экологическое равновесие, несут угрозу соседним ландшафтам, являются, по сути, техногенными пустынями. Такие участки занимают огромные площади, например, на территории Шатурского района Московской области, где территории бывших торфоразработок представляют собой бросовые земли и являются постоянной угрозой для всей Московской области, благодаря самовозгоранию метана, накапливающегося в недрах бывших торфяников. Особенностью техногенных ландшафтов является то, что в них под действием техногенных факторов нарушаются естественные природные процессы, что приводит к дальнейшему ухудшению экологической обстановки в данном регионе. Особенно показательны в этом плане территории горнодобывающей промышленности, например, Кузнецкий угольный бассейн, Донецкий, Подмосковный и другие, а также территории, где велась добыча руд, на Урале и в Сибири. В связи с этим остро встает вопрос рекультивации подобных территорий.

Опыт рекультивации таких нарушенных земель показывает, что при правильном сочетании глубоких теоретических знаний и целенаправленной практической деятельности возможно добиться восстановления изначального растительного покрова на данной территории, создать экосистему, близкую к природной, а следовательно, достичь оздоровления окружающей среды в целом.

Начало добычи торфа в России началось в конце XVII века. Еще М.В. Ломоносов писал о возможностях использования торфа как топлива и как удобрения. Тор-

фодобыча тогда велась, конечно, в незначительных количествах и экосистемы еще имели возможность самовосстанавливаться.

После революции добыча торфа приняла широкий размах. Она велась уже в промышленных масштабах, резко возросла антропогенная нагрузка на территории, огромные площади, занятые вышедшими из эксплуатации карьерами, постоянно увеличивались, и начали представлять реальную угрозу для окружающей природной среды. Но на данном этапе развития добывающей промышленности главной задачей было только увеличение объемов выработок, а отношение к природе было в целом равнодушным. Только в 30-е годы начались первые освоения выработанных торфяников под сельскохозяйственное использование, на них начали возделывать огородные культуры и луговые травы.

В 40-е годы рекультивация бывших торфяников приобретает научную основу, изучается гидрологический и температурный режим, почвы и другие свойства торфяных карьеров с целью проведения более эффективных восстановительных мероприятий, получения высоких урожаев.

Правовое начало рекультивации нарушенных земель было положено после выхода Постановления Совета министров СССР от 2 июня 1976 года № 407 «О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании слоя почвы при разработке полезных ископаемых и торфа, проведении геолого-разведочных, строительных и других работ». Многие ученые в это время начинают исследования по восстановлению растительного покрова на территориях бывшей добычи полезных ископаемых. Так, Б. В. Бабиков (1964) создает экспериментальные площадки по возобновлению сосны на осушенных болотах в Ленинградской области. Довжик И. И. в 1969 году также описывает облесение осушенных торфяников в Василевичском лесхозе. Аналогичные исследования проводятся Земцовым В. П. (1972), Застенским Л. С. (1973) – изучается лесовозобновление на выработанных торфяниках в Белоруссии, изучаются лесорастительные свойства бывших торфяных карьеров. Рассматривается также зарубежный опыт по рекультивации земель. Колядный М. Ф. и Овчинников В. А. (1976) изучают восстановление утраченных земель в ФРГ. Также опыт лесной рекультивации отвалов, образующихся при открытой разработке горючих сланцев, в Эстонии описывается в работе Э. В. Карр (1975), Баус М. (1970). На Украине опыт лесной рекультивации на отвалах открытых горнопромышленных разработок изложен в работе В. Н. Данько (1969). Большие объемы работ по восстановлению растительного покрова ведутся в это время в Сибири и на Урале. Исследования, проводимые на данных территориях, описываются Поповым В. М. (1970), Крыловым Г. В. (1970), Огневским В. В. (1973), Трофимовым С. С. (1974). Огромные площади нуждаются в это время в рекультивации на территории Кузбасса, эту проблему затрагивают в своих работах Чибрик Т. С. (1970), Кондрашин Е. Р. (1979), а также в последствии Водолеев А. С. (2007). Новые технологии в восстановлении растительного покрова применяются на отработанных карьерах Донбасса, данный опыт излагается в трудах А. П. Травлеева (1980), Зубовой Л. Г. (1983). Проблемой облесения отвалов горных пород в Подмосковном бассейне занимались Ижевская Т. И. (1967), Моториной Л. В. (1967), Зайцев Г. А. (1968). В целом, о проблемах рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью, говорится в работе Моториной Л. В. и Забелиной Н. М. (1968). Также Бойко С. И. (1974) в своей работе «Оптимальные параметры осушительной сети при рекультивации выработанных торфяников» дает конкретную информацию по строительству осушительной сети в зависимости от степени обводненности данной территории, в зависимости от вида сель-

скохозяйственных культур, которые планируется выращивать на данном участке после рекультивации. Большой вклад в изучение рекультивации площадей торфяных месторождений, выбывших из эксплуатации, и их использование в народном хозяйстве внес Кауфман А.М. (1974).

Большое внимание уделяется правильной подготовке почвы при выращивании лесной или сельскохозяйственной растительности, этим вопросом занимались Поджаров В.К. (1973), Хватов Ю.А. (1973-1975), Никитенко В.Ф. (1975), Гладкова Л.И. (1977). Смоляк Л.П. (1978). Также процессы лесовозобновления описываются в работах Бурыкина А.М. (1976), Бялловича В.П. (1970), Колесникова Б.П. (1978), Миронова В.В. (1964), Панкова Я.В. (1973).

В 1978 году в Москве прошла всесоюзная научно-техническая конференция по повышению эффективности использования земельных ресурсов СССР и защите земель от разрушения, на которой было отмечено, что объем работ по рекультивации территорий, нарушенных при добыче торфа, еще крайне незначителен. Данная конференция показала необходимость дальнейшего совершенствования проектов рационального использования земель. В это же время проводится инвентаризация земель с нарушенным почвенным покровом, выявляются полностью отработанные и подлежащие рекультивации земли.

В 70–80-х годах работы по рекультивации выработанных торфяников широко ведутся в Тверской, Ленинградской, Вологодской, Ивановской, Псковской, Новгородской, Ярославской, Московской, Костромской, Владимирской, и Нижегородской областях, где размеры выработанных торфяных площадей занимают от 100 до 1000 га. Преобладающие направления рекультивации: сельскохозяйственное, лесохозяйственное. Результаты отечественных и зарубежных исследований и практика сельскохозяйственного использования выработанных торфяников показали возможность получения на них высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Так, в Ленинградской области в 80-е годы на выработанных болотах получают 25 ц / га зерна, 600-700 капусты, 300 ц / га картофеля. В условиях Украинской ССР на выработанных торфяниках были собраны значительные урожаи овса, кормовой свеклы.

В Кировской области урожай зеленой массы подсолнечника на торфяниках составляли 400–500 ц / га, сена многолетних трав – 50–70, зеленой массы овсяной смеси 200–300 ц \ га (Суханов, 1986). О рекультивации выработанных торфяников под сельскохозяйственное использование говорится в работах Трутнева А.Г. (1963), Шабунина М.М. (1967), Торончина М.А., Крупнова Р.А., Петрова Н.П. (1975).

Но данный тип рекультивации не приносил длительного успеха на определенных территориях, так как малая мощность оставшегося торфа, подстилаемая на некоторых территориях бедными песками, быстро срабатывалась, как следствие – эрозия почвы и быстрое снижение урожайности. Также происходило нарушение естественного ландшафта, т.е. сокращение площадей, пригодных для сбора грибов, ягод, охоты, рыболовства.

В 1980 году состоялся советско-финский симпозиум, где рассматривались способы использования выработанных торфяников под лесохозяйственное использование. Тезисы докладов опубликованы в работе Комаровой Л.А., Тимофеева А.Ф. (1980). Восстановление исходной лесной растительности, например, на территории Шатурского района имеет большое природоохранное и экологическое значение.

В 80–90-е годы широко проводятся работы по лесовозобновлению на карьерах, нарушенных открытой добычей полезных ископаемых, в том числе и на выработанных торфяниках; ведь многие территории, нарушенные торфоразработками,

изначально были покрыты сосновыми лесами, например, в районе Туголесского торфопредприятия. Данная территория представляла собой бор – сухие, местами песчаные участки среди болот. Древостой слагается сосновой с примесью березы, травяно-кустарничковый ярус образован сплошными или групповыми зарослями болотных кустарников – багульника, голубики, бруслики, клюквы; моховой покров неравномерный. Мощность торфа на подобных участках часто была не велика, поэтому, в процессе торфоразработок, сосняки были вырублены, корневые системы деревьев создавали дополнительный водоупор, территория быстро заболачивалась, наращивалась торфяная залежь, которая была впоследствии выработана.

В 80–90-е годы насаждения сосны обыкновенной создаются во многих регионах, где велась добыча полезных ископаемых открытым способом. Восстановление почвенного плодородия на отвалах открытых разработок при биологической рекультивации описывается в работе Новикова Н.А. и Савича А.И. (1980). Баранник Л.П. в 1981 году проводит проектирование лесной рекультивации на нарушенных землях для использования их в лесохозяйственных и рекреационных целях, он также излагает биологические принципы лесной рекультивации (1988). При выращивании сосны на отвалах с разными экологическими условиями необходимо проводить различные меры по повышению плодородия бедных субстратов, такие исследования ведутся Застенским Л.С. (1982), Редько Г.И. (1986).

В работе Зверкова Ю.В. (1982) «Вторая жизнь торфяников» также говорится о важности рекультивации бывших торфоразработок. Единственным средством, по мнению автора, предупреждающим превращение торфяников в бросовые земли, является освоение их под сельскохозяйственные и лесные культуры. Проблемами лесовозобновления в Литве занимаются в это время Кайрюкштис Л. (1984), Градяцкас А.Й. (1988).

В 90-х годах и в начале нового тысячелетия активно ведется изучение процесса лесной рекультивации на осушенных болотах и выработанных торфяниках в Карелии. Этот опыт описывается в работах Ермакова И.В., Ионина И.В. (1991), Саковец В.И. (1994). В 1995 году проходит Всероссийская научно-техническая конференция по восстановлению, выращиванию, комплексному использованию сосновых лесов России на базе боров Среднего Поволжья. На данной конференции много говорится о новых технологиях и методах в восстановлении лесов на различных землях. На территории Московской области проводится дальнейший анализ антропогенных изменений ландшафтов, рассматриваются новые методы рекультивации земель. В этой работе принимают участие Кузнецов О.Л. (1995), Егоренков Л.И. (1995), Крупнов Р.А. (1995), Анненская Г.Н. (1997), Жаров А.А. (1897), Мерзленко М.Д. (1999), Васильев С.Б. (2000), Брызгалина Е.В. (2002) и многие другие авторы.

Конечно, на восстановление данных земель требуются большие материальные затраты. Но в результате проведения рекультивации, земли, нарушенные в результате добычи полезных ископаемых открытым способом, включаются в земельный фонд территории, заброшенных в настоящий момент и непригодных для хозяйственного использования. А это позволит повысить экономическую эффективность этих земель в будущем, а главное, улучшит их экологическую обстановку.

Тема антропогенного изменения территорий и их рекультивации в Московской области является наиболее актуальной на сегодняшний день. Выработанные торфяники охватывают здесь огромные площади и наносят большой ущерб природной среде: загрязняется атмосфера продуктами горения, уничтожается флора и

фауна, повреждается органический слой почвы, снижается водоохранная роль леса. Также пожары наносят экономический ущерб: он выражается в уничтожении лесных ресурсов, сельскохозяйственных угодий. Лесохозяйственное направление рекультивации, т.е. восстановление естественного растительного покрова на данной территории, является необходимым на сегодняшний день.

Здесь возможно также естественное восстановление лесных площадей, при умелом принятии различных лесохозяйственных мер. Природные условия данной территории сами по себе способствуют возобновлению сосняков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабиков Б.В. Экология сосновых лесов на осущенных болотах. – СПб.: Наука, 2004.
2. Барапник Л.П. Биологические принципы лесной рекультивации. – Новосибирск: Наука, 1988.
3. Бойко С.И. Относительные параметры открытой осушительной сети при рекультивации выработанных торфяников, 1974.
4. Бутовский Р.О. Сохранение природы торфяных болот центральной и северной Мещеры, 2002.
5. Водолеев А.С. Рекультивация техногенно нарушенных земель южного Кузбасса с использованием нетрадиционных мелиорантов: Дисс. док. с/х наук, Барнаул, 2007.
6. Застенский Л.С. Облесение карьеров нерудных ископаемых и выработанных торфяников. – Мн.: Ураджай, 1982.
7. Зверков Ю.В. Вторая жизнь торфяников. – Киров, 1982.
8. Кауфман А.М. Рекультивация площадей торфяных месторождений, выбывших из эксплуатации, и использование их в народном хозяйстве. Торфяная промышленность, 1974, № 2.
9. Крупнов Р.А., Попов М.В. Рекультивация выработанных торфяных месторождений. – Тверь, 1995.
10. Кусакин А.В. Влияние осушения болот на естественное возобновление сосняков в Республике Марий-Эл: Тезисы доклада Всероссийской научно-технической конференции: Восстановление, выращивание и комплексное использование сосновых лесов России (на базе боров Среднего Поволжья). – Йошкар-Ола, 1995.
11. Суханов В.А. Рекультивация выработанных торфяников под сельскохозяйственное использование. – М.: Россельхозиздат, 1986.
12. Трещевская Э.И. Экологические основы выращивания сосны обыкновенной на рекультивируемых землях ЦЧР. – Л., 1984.

Косоножкин В.И.
Московский областной
государственный университет (МГОУ)
Дмитренко В.Н.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Москва

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭРОЗИИ МЕРЗЛЫХ ПОЧВ

Проблема защиты почв от эрозии непосредственно связана с проблемой устойчивого развития сельского хозяйства и продовольственной безопасности. Рассмотрены особенности моделирования процессов эрозии почв при стоке талых вод. Предложено уравнение (модель) для расчета эрозии мерзлых почв и показатели оценки их противоэрэозионной стойкости.

*Kosonojkin V.I.
Dmitrenko V.N.*

MODELING OF THE FROZEN SOIL EROSION PROCESS

The problem of soil conservation deals with the problem of sustainable agriculture development and food security. Modeling peculiarity of the soil erosion by snow-water overland flow is viewed. The soil-loss equation (model) and the characteristics of the frozen soil erodibility are described.

Проблема защиты почв от эрозии непосредственно связана с вопросами охраны окружающей среды, увеличения производства и улучшения качества сельскохозяйственной продукции, рационального использования природных ресурсов и актуальность ее возрастает в современных условиях. Эрозия почв приводит к снижению их плодородия, загрязнению водоемов, провоцирует и активизирует многие другие негативные процессы. В России более 20 млн. га пашни расположены на склонах, подвергаются процессам смыва и остро нуждаются в почвозащитных мероприятиях.

Эрозия почв – сложный многофакторный процесс, характеризующийся большой дифференциацией как в пространстве, так и во времени. Провести прямой учет интенсивности эрозионных процессов для каждого поля или элементарного склона не представляется возможным. На практике используются модели эрозии почв, позволяющие расчетным путем оценить темпы смыва и эффективность противоэрэозионных мероприятий на основании показателей, характеризующих рельеф, климат, почвы, растительность и хозяйственную деятельность человека. В настоящее время разработано большое количество таких моделей, однако практически все они имеют эмпирический характер и ограничены в применении теми условиями, для которых были получены.

Радикальные изменения в сельском хозяйстве, а также глобальные изменения климата и биосфера, вызванные антропогенным влиянием, еще более сужают рамки применения эмпирических моделей. В такой ситуации очень перспективно использование для прогноза развития процессов эрозии теоретических моделей, основанных на изучении физических особенностей объекта. Этот подход в определенной степени реализован в так называемых гидромеханических моделях (уравнениях) смыва, удачно сочетающих теоретическую основу и эмпирические показатели, характеризующие эрозионные процессы.

В основе гидромеханических моделей (уравнений) смыва лежат теоретические представления о механизме сдвига, отрыва и перемещения твердых частиц водным потоком, начало которым положили исследования И. Ньютона, выделявшего активные силы, стремящиеся двигать частицу и пассивные силы, удерживающие ее на месте. При равенстве активных и пассивных сил наблюдается предельное состояние равновесия частиц на дне потока, которому соответствует критическая неразмывающая скорость потока – наибольшая его скорость, при которой еще не происходит перемещение частиц. Массовое перемещение частиц начинается при достижении потоком критической размывающей (ссыпающей) скорости. Критические скорости потока (неразмывающая и размывающая) служат объективной характеристикой противоэррозионной стойкости почв и грунтов.

Для описания процессов эрозии несвязанных однородных грунтов успешно используются аналитические (теоретические) модели. Степень сопротивления размыву почв, обладающих связностью, зависит от размеров, формы и взаиморасположения твердых частиц и агрегатов, сил сцепления между ними, физико-химических и водно-физических свойств, наличия повреждений, микротрешин, включений, а также взаимодействия с биотическими компонентами. Поэтому в моделях эрозии почв используются как теоретические, так и эмпирические зависимости, и их принято называть «теоретико-эмпирическими». Наиболее известно теоретико-эмпирическое уравнение расхода твердого стока Ц.Е. Мирзхулавы (1970), разработавшего усталостную теорию размыва связанных грунтов, согласно которой процесс разрушения грунтов обусловлен накоплением необратимых механико-химических изменений при длительном динамическом действии нагрузок турбулентного руслового потока. Основываясь на идеях Ц.Е. Мирзхулавы, М.С. Кузнецов (1981) предложил модель расчета донной размывающей скорости потока, в которой учтены особенности противоэррозионной стойкости собственно почв. Наиболее успешно гидромеханическая теория используется для прогнозирования процессов эрозии грунтов в гидroteхнических сооружениях, а также ирригационной эрозии почв.

Использование гидромеханической теории в моделях эрозии мерзлых почв и грунтов требует учета их многочисленных особенностей, связанных с процессами замерзания-оттаивания (Ершов, 1982, Косоножкин, 1992, 2006). Отличительной особенностью эрозии мерзлых почв при стоке талых вод является наличие двух типов размыва – собственно эрозионного и термоэррозионного, под которым понимается одновременное воздействие на мерзлую почву механической и тепловой энергии потока. Мерзлая почва может обладать повышенной противоэррозионной стойкостью за счет цементирующего действия льда, что определяет зависимость интенсивности смыва такой почвы от скорости ее оттаивания. Оттаявшая почва, напротив, может обладать пониженной противоэррозионной стойкостью из-за уменьшения размеров водопрочных агрегатов и величины сцепления.

Наибольший интерес, с точки зрения применения гидромеханической теории, представляет предельно-термоэррозионный тип размыва мерзлых почв, при котором интенсивность смыва мерзлой почвы определяется скоростью ее оттаивания.

Как показали проведенные нами лабораторные экспериментальные исследования (табл. 1), процесс смыва мерзлых почв при предельно-термоэррозионном типе размыва протекает во времени достаточно стабильно.

Таблица 1

Предельная интенсивность смыва мерзлых темно-серых лесных почв, кг/с на м²
(при температуре воды 0,5°C, скорости потока 1,0 м/с)

Интервал отбора проб, мин.	Почва		
	несмытая	среднесмытая	сильносмытая
0–1	11,3	8,0	6,4
1–2	11,3	8,2	6,6
2–3	10,8	8,3	6,7
3–4	11,4	8,0	7,1
4–5	11,1	8,4	6,5
5–6	11,4	8,6	7,0
6–7	11,6	8,9	7,2
7–8	12,0	9,1	7,7
8–9	12,7	8,9	7,8
9–10	12,4	9,0	7,6

По мере размыва русло водотока углубляется постепенно и равномерно на всем протяжении, сохраняя первоначальную ширину и образуя практически вертикальные стенки, что свидетельствует об одинаковой скорости вертикального и бокового размыва образцов. Зависимость предельной интенсивности смыва от температуры воды для мерзлых серых лесных почв носит линейный характер и может быть описана следующим уравнением

$$Q = K_t \cdot t_b,$$

где Q – предельная интенсивность смыва; K_t – коэффициент пропорциональности; t_b – температура воды размывающего потока.

При прочих равных условиях скорость оттаивания мерзлой почвы, а следовательно, и предельная интенсивность смыва, обратно пропорциональна содержанию замерзшей почвенной воды. Тогда уравнение для расчета предельной интенсивности смыва мерзлой почвы можно записать в виде

$$Q = K_t [(t_b \cdot \rho_l) / (W - W_{n3})],$$

где Q – предельная интенсивность смыва, кг/с на м²; K_t – тепловой показатель размываемости почвы; t_b – температура воды, °C; ρ_l – плотность льда, кг/м³; W – влажность почвы, %; W_{n3} – содержание незамерзшей воды в почве, %.

При проведении экспериментов по размыву мерзлых почв нами было установлено, что снижение температуры воды в размывающем потоке до некоторого минимального (критического) значения приводит к образованию наледи в русле водотока и полному прекращению смыва. С учетом этого уравнение предельной интенсивности смыва мерзлых почв можно представить в виде

$$Q = K_t [(t_b - t_{kp}) \cdot \rho_l / (W - W_{n3})], \quad (1)$$

где t_{kp} – критическая температура воды, °C; остальные обозначения прежние.

Критическая температура воды (t_{kp}) определяется экспериментально или рассчитывается по предложенному нами эмпирическому уравнению

$$t_{kp} = 0,05 - (t_n / 50),$$

где t_n – температура мерзлой почвы, °C.

В уравнении (1) основным аргументом, позволяющим рассчитывать предель-

ную интенсивность смыва мерзлых почв, является тепловой показатель размываемости K_t , численно равный приращению интенсивности смыва мерзлой почвы единичной льдистости и температуры при увеличении температуры воды размывающего потока на 1 °С. Полученные нами значения теплового показателя размываемости (K_t) для мерзлых серых лесных почв разной степени эродированности приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тепловой показатель размываемости (K_t) пахотного слоя мерзлых серых лесных почв (образцы ненарушенного сложения)

Почва, агрофон	$K_t \cdot 10^4$	Гумус, %	Плотность, г/см ³
Неэродированная, отвальная зябь	5,71	3,10	1,20–1,29
Среднеэродированная, отвальная зябь	5,47	2,60	1,24–1,29
Сильноэродированная, отвальная зябь	4,65	1,41	1,25–1,36
Неэродированная, стерня озимой пшеницы	4,19	2,80	1,32–1,36
Сильноэродированная, стерня озимой пшеницы	2,80	1,46	1,45–1,46

Выявлена определенная связь между плотностью мерзлых серых лесных почв и значением теплового показателя размываемости – при увеличении плотности почв наблюдается тенденция роста значения теплового показателя размываемости (табл. 2).

Количественной характеристикой устойчивости мерзлых почв к эрозии при предельно-термоэрзационном типе размыва может служить величина, обратная значению теплового показателя размываемости; для пахотных серых лесных почв разной степени эродированности эта величина изменяется в диапазоне от $10 \cdot 10^2$ до $45 \cdot 10^2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов Э.Д. и др. Термоэрзия дисперсных пород. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 281 с.
2. Косоножкин В.И. Моделирование процессов эрозии почв при стоке талых вод: Автореф. кандидатской диссертации. – М., 1992.
3. Косоножкин В.И. Особенности эрозии почв при стоке талых вод: Сборник работ по географии, геоэкологии и геологии, посвященный 75-летнему юбилею географо-экологического факультета МГОУ. – М.: МГОУ, 2006. С. 73–77.
4. Кузнецов М.С. Противоэрзационная стойкость почв. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 135 с.
5. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 270 с.

Сакович О.В.

Смоленский государственный университет

ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЮГА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ РОСЛАВЛЬСКОГО РАЙОНА)

В статье показано влияние антропогенных нагрузок на территории Рославльского района – одного из самых крупных в Смоленской области, оценена напряженность эколого-хозяйственного состояния. Основным экологически дестабилизирующим фактором ландшафтов является сельскохозяйственное производство.

The article determines the influence of anthropological load upon Roslavl district territory, which is one of the largest in Smolensk Region, the ecological and economic state intensity has also been evaluated. The main ecologically destabilizing factor for the landscapes is agricultural production.

Аспекты проблемы взаимоотношения человека и окружающей среды прослеживаются рядом ученых на протяжении многих лет. Геоэкологическая ситуация любой территории определяется целым рядом естественных (природных) и антропогенных факторов. При этом определяющее значение имеют масштабы хозяйственной деятельности человека, особенности использования земель, характер ландшафтной дифференциации территории, определяющий устойчивость природных комплексов. Анализ антропогенной нагрузки на ландшафты имеет решающее значение при определении экологических проблем района.

Существуют различные методики оценки антропогенной нагрузки. Однако большинство методик удобны для расчета величин антропогенных нагрузок больших территорий. Получается усредненная оценка величины антропогенных нагрузок в границах административных образований, но не оказывается интегральная нагрузка на каждый конкретный участок территории. Для анализа экологического состояния отдельного административного района наиболее приемлема методика, предложенная Б.И. Кочуровым и Ю.Г. Ивановым [1, 2, 3; 4].

Уровень и направленность антропогенного воздействия, степень устойчивости ландшафтов на разные виды антропогенной нагрузки по этой методике оцениваются в характеристиках эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории. Анализ ЭХС позволяет судить о состоянии территории для дальнейшей интенсификации промышленного, сельскохозяйственного производства, лесного хозяйства, создания особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и др., а также выявлять негативные экологические последствия, вызванные чрезмерной антропогенной нагрузкой (АН). В конечном итоге данная методика позволяет разрабатывать рациональную стратегию использования и сохранения природно-ресурсного потенциала района. Концепция природно-ресурсного потенциала сформировалась в 1960–1970-х гг. У ее истоков стояли А.А. Минц, Ю.Д. Дмитревский и некоторые другие географы. Под природно-ресурсным потенциалом понимается совокупность природных ресурсов территории, которые могут быть использованы в народном хозяйстве с учетом тенденций научно-технического прогресса.

Окружающая среда в своих основных проявлениях зависит от использования ресурсов территории, от способности поддерживать свое средостабилизирующее состояние при ресурсопользовании, сопровождающиеся антропогенными нагрузками на территорию и преобразованностью земель. По определению Б.И. Кочурова, экологический кризис настоящего времени – это кризис структуры пространства, ее организации и соответствия природных и антропогенных систем [2].

Эколого-хозяйственный баланс (ЭХБ) территории есть сбалансированное соотношение различных видов деятельности и интересов различных групп населения на территории с учетом потенциальных и реальных возможностей природы, что обеспечивает устойчивое развитие природы и общества, воспроизводство природных (возобновимых) ресурсов и не вызывает экологические изменения и последствия. Достижение ЭХБ ведет к гармонии человека с окружающей природной средой.

Главным содержанием ЭХБ территории является совершенствование структуры землепользования. Особую значимость имеет повышение устойчивости за счет управляемости интенсивно используемых ландшафтов. Для определения ЭХБ территории используются следующие характеристики: распределение земель по их видам и категориям, площадь природоохранных территорий, площадь земель по видам и степени антропогенной нагрузки, напряженность эколого-хозяйственного состояния территории, интегральная антропогенная нагрузка, естественная защищенность территории, экологический фонд территории. Анализ структуры землепользования проводится на основе классификационных единиц земельного кадастра.

На территории Рославльского района на протяжении веков происходило наложение различных типов хозяйственного освоения, вовлекавших в себя этнические особенности отношения к окружающим ландшафтам и природным ресурсам. Издавна Рославльский уезд считался кладезем лесных ресурсов на территории Смоленской губернии. Интенсивное освоение территории с древних времен привело к истощению природно-ресурсного потенциала в настоящее время. В связи с этим представляется актуальным разработка стратегии оптимизации природопользования. Разработки по данной проблеме должны опираться как на опыт предшествующих поколений, так и на результаты современных научных исследований. В связи с этим особое значение приобретает исследование закономерностей и особенностей формирования территориальной структуры использования земель, антропогенных нагрузок и экологических изменений на основе применения комплексного геоэкологического анализа. В данной статье мы хотели бы показать влияние антропогенных нагрузок на территории Рославльского района и предложить путь решения сложившейся проблемы.

Рославльский район – один из самых крупных административных районов Смоленской области. Его площадь составляет 3012,1 км² – это третье место по величине после Вяземского и Гагаринского районов. Рославльский район расположен на юге области. Его территория вытянута с северо-востока на юго-запад. В геоморфологическом плане территория района располагается в пределах центральной части Русской равнины на юге Смоленско-Московской возвышенности. Граница района на своем протяжении пересекает различные геоморфологические комплексы. Наиболее возвышенные участки протянулись с северо-запада на юго-восток района Екимовичская и Рославльская возвышенности. Центральная часть района пересекается долиной р. Остёр и ее притоками, поэтому здесь распространены низменные участки, приуроченные к пойме и террасам реки. В рельефе они представлены юж-

ной частью Сожско-Остёрской низины. Низменные участки границы представлены также на востоке Рославльского района и приурочены к долине р. Десна (Деснинская низменность).

В ландшафтном отношении территории района полностью располагается в пределах следующих природных комплексов: умеренного пояса, физико-географической страны – Русской равнины, зоны смешанных лесов. Естественные комплексы практически везде изменены человеком в результате сельскохозяйственного и промышленного производства.

Общая земельная площадь Рославльского района составляет 301214 га, из них 119540 гектаров приходится на сельскохозяйственные угодья. Около 128400 га земель района занято лесами, около 6427 га – под кустарниками, 14577 га – под сельскими населенными пунктами, около 504 га – под водными объектами, 2307 га – нарушенные земли, 5 га занято болотами. Остальная территория занята под транспортными магистралями, инфраструктурой электроэнергетических и промышленных предприятий, объектами Министерства обороны, городами Рославль и Десногорск.

Основным экологически дестабилизирующим фактором ландшафтов в Рославльском районе является сельскохозяйственное производство. Опираясь на приведенную выше методику, нами был проведен анализ эколого-хозяйственного состояния территории района. Для определения степени антропогенной нагрузки земель были введены экспертные балльные оценки. Каждый вид земель получил определенный балл, после этого земли были объединены в однородные группы: от АН минимальной на землях естественных уроцищ и фаций до максимальной АН на землях нарушенных (карьеры, торфоразработки, полигоны отходов и свалок, земли под промышленными объектами, городские застройки и пр.). Земли Рославльского района оценены по степени АН с использованием методики Б.И. Кочурова (табл.).

Таблица

Классификация земель Рославльского района по степени антропогенной нагрузки

Степень АН	Балл	Виды и категории земель	Общая площадь, га
Высшая	6	Наруженные земли; земли промышленности, транспорта, городская застройка, полигоны отходов, свалки	27290
Очень высокая	5	Орошаемые земли	790
Высокая	4	Пахотные земли, пастбища, застройка сельских населенных пунктов	135621
Средняя	3	Многолетние насаждения, земли рекреации, залежки	5778
Низкая	2	Сенокосы, леса II категории, застройка и дороги в ГЛФ	111976
Очень низкая	1	Леса I категории, водные объекты ГЛФ, земли запаса	19759

Напряженность ЭХС территории Рославльского района по коэффициенту абсолютной напряженности составляет 1,5 (без г. Рославль), что оценивается как средняя. В наибольшей степени ЭХС территории характеризуется коэффициентом относительной напряженности, так как при этом охватывается вся рассматриваемая территория. Для территории Рославльского района этот показатель составляет 1,2. Это характеризует напряженность территории Рославльского района близкой к сбалансированной по степени АП и потенциалу устойчивости природы.

Как уже отмечалось, территория Рославльского района подвержена антропогенному воздействию. Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости природных и природно-антропогенных ландшафтов. Чем разнообразнее ландшафт, тем он более устойчив. Выражается это прежде всего большим количеством и равномерным распределением естественных биогеоценозов, уроцищ, природоохранных зон и особо охраняемых территорий, совокупная площадь которых составляет экологический фонд территории ($P_{\text{эф}}$). Чем он больше, тем выше естественная защищенность (ЕЗ) территории и устойчивость ландшафта. Вместе с тем уровень ЕЗ территории также зависит от распределения земель по степени АН. Земли, характеризующиеся высокой степенью антропогенной нагрузки, как правило, имеют низкую естественную защищенность. Суммарную площадь земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями (СФ) Рославльского района была рассчитана по следующей формуле

$$P_{\text{сф}} = P_1 + 0,8 P_2 + 0,6 P_3 + 0,4 P_4.$$

Соотнеся площадь земель $P_{\text{сф}}$ с общей площадью исследуемой территории (P_0), мы получили коэффициент естественной защищенности территории (K_{ez})

$$K_{\text{ez}} = 163855 / 301214 = 0,54.$$

В отличие от таких показателей, как лесистость, распаханность и тому подобного, K_{ez} носит интегральный характер и может быть использован для комплексной оценки территории [2, 5]. Коэффициент естественной защищенности для территории Рославльского района в среднем составляет 0,54. Если учесть, что K_{ez} менее 0,5 свидетельствует о критическом уровне защищенности территории, то территория Рославльского района достигла этого уровня.

Анализируя рассмотренные показатели ЭХБ территории Рославльского района можно сделать следующий вывод: аграрное природопользование на территории Рославльского района обусловливает значительные и неравномерные антропогенные нагрузки на окружающую среду. При этом на протяжении многих веков структура землепользования складывалась стихийно, без учета экологических норм и ландшафтной организации территории. В настоящее время идет активный процесс изменения структуры использования земель. Поэтому необходимы комплексные меры по планированию и осуществлению землепользования на ближайшие годы с учетом особенностей ландшафтной структуры территории, экологически сбалансированного подхода, этнической культуры и психологии народа, с учетом современных экономических и социально-политических тенденций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочуров Б.И. География экологических ситуаций: (Экодиагностика территории). – М., 1997. – 187 с.
2. Кочуров Б.И. Геоэкология: Экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.

3. Кочуров Б.И. Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района / Б.И. Кочуров, Ю.Г. Иванов // География и природные ресурсы. – 1987. № 4. – С. 49–54.
4. Кочуров Б.И. Оценка структуры землепользования Московской области по экологическим показателям / Б.И. Кочуров, Ю.Г. Иванов // Взаимодействие физической и экономической географии. – М.: МФГО, 1988. – С. 120–123.
5. Лобковский В.А. Эколого-хозяйственная оценка территории с целью совершенствования структуры землепользования (на примере Московской области): Автoref. дис. ... канд. геогр. наук. – М., 1999. – 24 с.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Данная работа посвящена геоэкологической оценке распределения тяжелых металлов в почвенном покрове Ульяновской области. Регион располагается преимущественно в лесостепной зоне европейской части России и характеризуется разнообразными природными условиями, развитым промышленным и сельскохозяйственным производством, а также различными природными и техногенными источниками поступления тяжелых металлов в окружающую среду. В результате данного исследования были выявлены особенности загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами, а также установлены закономерности распределения данных загрязнителей по почвенным разрезам основных типов почв, на разных почвообразующих породах.

Vasin D.V.
Moscow State Regional University (MSRU)

HEAVY METAL INTO THE SOIL OF ULIANOVSK REGION

This work is devoted to the geoecologic estimate heavy metal distributing into the soil of Ulianovsk region. Region is the forest-steppe of Russia and it has the different landscape, developed industry and agriculture. Industry and agriculture have polluted of the environment. This work was opened peculiarity of the soil pollution to heavy metal and was determined conformity to natural laws of distribution heavy metal on the different soil of region.

В настоящее время уделяется значительное внимание техногенному загрязнению почвенного покрова тяжелыми металлами. Выбор почвы как объекта загрязнения связан с тем, что именно почва аккумулирует компоненты загрязнений и контролирует перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Кроме того, в почве гораздо больше, чем в других частях биосфера продолжительность пребывания тяжелых металлов и других загрязнителей. Важно изучение почвы еще и потому, что она постоянно испытывает геохимическую нагрузку и сохраняет геоэкологическую информацию за многие годы функционирования источников загрязнения. В связи с этим изучение содержания и распределения тяжелых металлов в почвах является наиболее важной задачей современного почвоведения.

Материалы и методы исследования

Основу работы составляют наблюдения и материалы, собранные автором в полевые сезоны 2003, 2004, 2005 и 2006 годов. В ходе полевых исследований автором лично были отобраны 124 образца из верхнего слоя почв. Детально изучены 18 почвенных разрезов, позволяющие судить об особенностях распределения тяжелых металлов в основных почвенных горизонтах. На опорных участках велось описание почвенного покрова, почвообразующих пород и особенностей рельефа. Все работы, связанные с лабораторной подготовкой образцов почв осуществлены автором само-

стоятельно. Анализы были выполнены в лаборатории Ульяновской агрохимической службы. Почвенные образцы отбирали с помощью саперной лопатки методом прикопок (Практикум по агрохимии, 1989). Для изучения радиального распределения тяжелых металлов в почвенном покрове ряда районов было заложено 18 почвенных разрезов. В каждом из них из основных почвенных горизонтов (A, B, C) отбирали образцы. Подготовку образцов почвы для определения валового содержания тяжелых металлов проводили традиционными методами (Практикум по агрохимии, 1989) с некоторыми модификациями, принятыми для используемого метода элементного анализа (Страшинский, 1974). Определение тяжелых металлов в почве проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной и беспламенной атомизацией на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ААС) с лампами полого катода типа С 115 - 1 М.

Оценка полученных результатов

Сведения о состоянии окружающей среды в административных районах регионов является весьма необходимыми, так как в организации хозяйственной деятельности часто доминирует территориально-административный принцип. Поэтому было изучено накопление 6 тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr) в почвах всех районов области Ульяновской области. Полученные аналитические данные и данные из литературных источников позволили выявить фоновые уровни содержания тяжелых металлов в административных районах. Результаты исследований представлены в таблице 1.1. За фоновый уровень было принято среднее содержание тяжелых металлов, то есть естественное содержание каждого элемента с добавлением, являющимся следствием ближнего и дальнего переноса антропогенных загрязнений, при этом исключаются данные по территориям с чисто локальным загрязнением почв тяжелыми металлами (Степанов, 1985; Зырин, Зборищук, 1981; Алексеев, 1987; Ильин, 1991; Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А., 1998). Установлено, что для почвенного покрова Ульяновской области не свойственно превышение ПДК или других критических показателей содержания тяжелых металлов в почве, однако содержания всех изученных тяжелых металлов, за исключением Ni, превышают значения регионального фона. Из всех изучаемых тяжелых металлов наиболее неблагоприятная ситуация складывается с Cd, средние содержания которого по области превышают региональный фон в 2,5 раза, а в некоторых административных районах – в 5,3 раза. Средние содержания Zn и Pb превышают региональный фон более чем в 1,3 раза, Cu – в 1,5 раза, Cr – в 1,2 раза. Исходя из особенностей распространения и аккумуляции в оболочках земли тяжелые металлы (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr) относят к техногенным, так как подавляющая их часть попадает в биосферу с техногенными источниками.

Сравнительный анализ полученных данных показал, что по отношению к кларкам почв мира и фоновой концентрации тяжелых металлов в почвах европейской части России содержание изученных тяжелых металлов в почвах административных районов Ульяновской области представляет из себя довольно низкую величину. В среднем по области кларки почв мира превышены только по содержанию Pb и Cd, очень близкое к кларкам почв содержание Cu и низкое содержание Zn, Cr и Ni (табл. 1.2), однако в некоторых районах кларки почв мира были сильно превышены по Cu.

Таблица 1.1

Фоновые содержания тяжелых металлов в почвах административных районов Ульяновской области, мг/кг

Административный район	Элемент, мг/кг воздушно-сухой почвы					
	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr
1. Базарносызганский	28,4	15,8	14,3	0,9	29,1	16,4
2. Барышский	27,4	14,6	13,2	0,7	22,6	15,7
3. Вешкаймский	34,1	19,4	18,8	1,5	33,5	25,5
4. Инзенский	31,3	13,6	12,1	0,9	24,9	19,3
5. Карсунский	37,6	15,8	14,1	0,6	21,6	17,0
6. Кузоватовский	34,9	14,4	12,5	0,9	24,2	18,2
7. Майнский	28,2	13,9	12,2	0,7	22,8	18,5
8. Мелекесский	31,6	14,2	12,6	0,8	21,4	17,2
9. Николаевский	36,8	14,3	12,6	0,8	20,5	19,1
10. Новомалыклинский	32,2	17,1	14,8	1,2	23,3	18,9
11. Новоспасский	33,4	16,6	14,5	1,4	29,4	20,6
12. Павловский	29,6	19,7	17,5	1,6	31,6	23,2
13. Радищевский	36,3	15,5	13,4	1,0	32,3	22,4
14. Сенгилеевский	34,1	19,8	16,9	1,1	32,6	22,6
15. Старокулаткинский	36,0	24,5	22,2	2,3	34,9	28,9
16. Старомайнский	26,5	12,7	11,3	0,7	21,3	15,4
17. Сурский	28,9	17,0	14,6	0,9	26,0	19,5
18. Тереньгульский	36,6	27,5	22,7	2,2	33,2	29,4
19. Ульяновский	43,1	30,3	23,6	2,1	39,3	32,1
20. Цильнинский	26,8	17,8	14,6	0,8	23,5	18,8
21. Чердаклинский	30,9	12,7	11,0	0,7	16,1	11,6
Региональный фон	24,2	11,2	11,2	0,43	35,3	16,3
В среднем по области	32,6	17,5	15,2	1,13	26,9	20,5
ПДК	100,0	55,0	30,0	3,0	85,0	100

Таблица 1.2

Показатели фонового содержания тяжелых металлов и кларки почв мира, мг/кг воздушно-сухой почвы

Элемент	Региональный фон	Кларк почв мира (Алексеенко, 1990)	Европейская часть России в целом (Матвеев и др., 1997)	Ульяновская область
Zn	24,2	50,0	67,2	32,6
Cu	11,2	20,0	33,1	17,5
Pb	11,2	10,0	—	15,2

Cd	0,43	1,0	—	1,13
Ni	35,3	40,0	36,4	26,9
Cr	16,3	300	87,0	20,5

В целом на территории области складывается достаточно благополучная картина загрязнения почв тяжелыми металлами, однако она основана на усредненных (фоновых) показателях. Максимальные концентрации тяжелых металлов характерны для почв, которые испытывают наибольшую техногенную нагрузку и которые находятся вблизи промышленных и транспортных узлов. Также необходимо отметить, что наблюдается различие в уровнях загрязнение тяжелыми металлами почв правобережной части (Предволжье) и почв левобережной части (Заволжье). Правобережная часть области, занимая 75% территории, характеризуется большим расчленением рельефа (коэффициент расчленения от 0,7 до 1,75 км/км²), с повсеместным выходом на поверхность коренных пород, пестротой почвенного покрова и почвообразующих пород, более сильным техногенным влиянием. Все изученные тяжелые металлы наиболее активно аккумулируются именно на этой территории (табл. 1.3). Региональный фон превышен значительно по всем тяжелым металлам, за исключением Ni. Также здесь отмечены участки с превышением ПДК по Zn, Cu, Cd. Левобережная часть области представляет из себя долину Волги и довольно просто устроена (коэффициент расчлененности 0,2–0,5 км/км²). В почвах Левобережья выше регионального фона содержания Zn, Cu, Pb и Cd, близко к нему содержание Cr и ниже только содержание Ni.

Таблица 1.3

Средние содержания тяжелых металлов в почвах правобережной части (Предволжье) и левобережной части (Заволжье) Ульяновской области, мг/кг

Элемент	Правобережная часть (Предволжье)	Левобережная часть (Заволжье)
Zn	33,1	30,3
Cu	18,3	14,1
Pb	15,9	12,4
Cd	1,2	0,85
Ni	28,3	20,5
Cr	21,6	15,7

Содержание тяжелых металлов в почве возрастает с увеличением гумусированности при нейтральной или щелочной реакции среды. Большое влияние оказывает и поступление тяжелых металлов от местных источников. Тяжелые металлы также неравномерно распределяются и по основным природно-сельскохозяйственным зонам, провинциям и округам области (табл. 1.4) Из данных таблицы 1.4 видно, что тяжелые металлы распределяются по основным природно-сельскохозяйственным провинциям и округам достаточно равномерно.

Таблица 1.4

Средние содержания тяжелых металлов в почвах разных природно-сельскохозяйственных зон, провинций и округов Ульяновской области, мг/кг

Элемент	Среднерусская провинция		Предуральская провинция
	Округ Возвышенно-увалистый суглинистый выщелоченно-черноземный, карбонатно-черноземный	Округ Возвышенно-увалистый суглинистый серо-лесной и выщелочено-черноземный	
Zn	33,6	31,5	30,3
Cu	19,1	15,5	14,1
Pb	16,5	13,7	12,4
Cd	1,3	0,82	0,85
Ni	29,3	25,4	20,5
Cr	22,7	18,0	15,7

Наибольшие содержания металлов были отмечены в Среднерусской провинции и округе Возвышенно-увалистом суглинистом выщелоченно-черноземном, карбонатно-черноземном. Данный округ занимает наибольшую территорию области и в нем располагается большинство промышленных предприятий. Наименьшие значения содержания тяжелых металлов характерны для Предуральской провинции и для округа Равнинно-волнистого суглинистого выщелочено-черноземного и лугово-черноземного.

Так же были подсчитаны средние значения содержания тяжелых металлов в основных почвенных горизонтах (табл.1.5). Практически все изученные элементы активно накапливаются в горизонте А (Zn, Cd, Ni, Cr), на глубине до 25 см. В иллювиальном горизонте (В) наиболее аккумулируются Cu и Pb, а в горизонте С (почвообразующая порода) происходит снижение концентрации всех элементов. Перераспределение тяжелых металлов по почвенному разрезу происходит в результате сложных процессов, включающих взаимодействие с органическим веществом почвы, поглощение биотической составляющей.

Таблица 1.5

Средние содержания тяжелых металлов в основных почвенных горизонтах Ульяновской области, мг/кг

Элемент	Содержание в основных почвенных горизонтах, мг/кг		
	A	B	C
Zn	37,9	30,8	25,8
Cu	19,7	20,4	15,2
Pb	17,1	18,4	12,6
Cd	1,31	1,10	0,8
Ni	30,8	29,8	23,0
Cr	25,6	23,6	18,8

На распределение тяжелых металлов по почвенному разрезу в первую очередь влияет характер использования почв. Для почвообразующих пород тяжелого механического состава характерна аккумуляция Cu, Zn, Cr, Pb и Ni. В почвообразующих породах легкого мехсостава (средние и легкие суглинки) накапливается Zn, Cu и Ni. В песках и супесях преимущественно идет аккумуляция Zn и Cu. Наибольшее суммарное количество тяжелых металлов содержат известняки (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Среднее и суммарное содержание тяжелых металлов в основных почвообразующих породах Ульяновской области, мг/кг

Элемент	Глины	Тяжелые суглинки	Средние суглинки	Легкие суглинки	Известняки	Пески	Супеси
Zn	25,5	21,8	26,8	24,8	34,3	30,6	19,5
Cu	18,5	16,4	15,7	11,6	16,4	16,6	11,8
Pb	12,8	15,4	11,5	11,6	14,1	14,8	10,3
Cd	1,1	0,5	0,9	0,3	1,2	0,7	0,5
Ni	26,9	20,7	23,5	18,8	32,9	23,5	14,9
Cr	15,1	22,9	17,2	21,0	26,4	15,9	14,0
Сумма	99,9	97,7	95,6	88,1	125,3	102,1	71,0

Аккумуляция тяжелых металлов разными типами почв области имеет свои характерные особенности. Тяжелые металлы, имеющие преимущественно техногенное происхождение, аккумулируются в первую очередь в дерново-карбонатных и серых лесных почвах, наименьшая их концентрация отмечена в аллювиальных дерново-насыщенных почвах, которые испытывают незначительную техногенную нагрузку. Особенности распределения тяжелых металлов объясняется тем, что дерново-карбонатные и серые лесные почвы расположены преимущественно в тех участках, где нагрузка на почвенный покров более высокая. Черноземы по аккумуляции тяжелых металлов занимают средние позиции, так как они достаточно равномерно распределены по территории области, в разных частях которой они испытывают различную техногенную нагрузку (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Фоновые содержания тяжелых металлов в основных типах почв Ульяновской области, мг/кг

Элемент	Региональный фон	Серые лесные	Черноземы	Дерново-карбонатные	Аллювиальные дерновые насыщенные
Zn	24,2	33,2	31,2	38,8	30,7
Cu	11,2	16,0	16,4	17,7	15,1
Pb	11,2	14,3	14,2	15,8	13,1
Cd	0,43	1,1	1,04	1,4	1,0
Ni	35,3	26,4	23,5	35,9	25,5
Cr	16,3	20,5	18,4	25,1	18,8

Таким образом, в результате данного исследования были получены следующие выводы

1. Определены фоновые уровни валового содержания 6 тяжелых металлов в почвенном покрове Ульяновской области. Установлено, что для почвенного покрова Ульяновской области не свойственно превышение ПДК или других критических показателей содержания тяжелых металлов в почве. Сравнительный анализ полученных данных показал, что по отношению к кларкам почв мира и фоновой концентрации тяжелых металлов в почвах европейской части России почвенный покров Ульяновской области в меньшей степени загрязнен тяжелыми металлами. В среднем по области кларки почв мира превышены только по содержанию Pb и Cd, очень близкое к кларкам почв содержание Cu и низкое содержание Zn, Cr и Ni, однако в некоторых районах области кларки почв мира были сильно превышены по Cu.

2. Характер латерального распределения тяжелых металлов в почвах Ульяновской области зависит от комплекса природных и антропогенных факторов. Содержание тяжелых металлов в верхнем слое почв в целом возрастает с утяжелением механического состава при нейтральной и щелочной реакции почвенной среды.

3. В разрезах основных типов почв Ульяновской области выражен равномерно-аккумулятивный тип распределения тяжелых металлов, т.е. их максимум характерен для пахотного слоя, далее содержание большинства тяжелых металлов уменьшается с глубиной, достигая своего минимума в почвообразующих породах. Для почвообразующих пород тяжелого механического состава характерна аккумуляция Cu, Zn, Cr, Pb и Ni. В почвообразующих породах легкого механического состава (средние и легкие суглинки) накапливается Zn, Cu и Ni. В песках и супесях преимущественно идет аккумуляция Zn и Cu. Тенденция к уменьшению накопления тяжелых металлов в почвообразующих породах имеет следующий ряд: известняки > пески > глины > тяжелые суглинки > средние суглинки > легкие суглинки > супеси.

4. Аккумуляция тяжелых металлов разными типами почв области имеет свои характерные особенности. Тяжелые металлы, имеющие преимущественно техногенное происхождение, аккумулируются в первую очередь в дерново-карбонатных и серых лесных почвах, наименьшая их концентрация отмечена в аллювиальных дерново-насыщенных почвах, которые испытывают незначительную техногенную нагрузку. Особенности распределения тяжелых металлов объясняется тем, что дерново-карбонатные и серые лесные почвы расположены преимущественно в тех участках, где нагрузка на почвенный покров более высокая. Черноземы по аккумуляции тяжелых металлов занимают средние позиции, так как они достаточно равномерно распределены по территории области, в разных частях которой они испытывают различную техногенную нагрузку. Таким образом, основные типы почвы в порядке убывания концентраций тяжелых металлов образуют следующий ряд: дерново-карбонатные > серые лесные > черноземы > аллювиальные дерновые насыщенные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Наука, 1990. – 142 с.
3. Зырин Н.Г., Зборищук Ю.Н. Общие закономерности распределения подвижных форм микроэлементов в почвах европейской части СССР //Микроэлементы в почвах СССР /Под ред. Зырина Н.Г. и Белицыной Г.О. М.: Изд-во МГУ, 1981.

-
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва—растение. Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
 5. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Изд-во «Самар. ун-та», 1997. – 215 с.
 6. Практикум по агрохимии /Под ред. В.Г.Минеева. М.:Изд-во МГУ» 1989.214 с.
 7. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Изд-во «Самар. ун-та», 1998 год. – 131 с.
 8. Степанов А.М. Обоснование системы критериев для оценки химического загрязнения биосферы //Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду. М., 1985. – С. 5–12.
 9. Страшинский А.Г., Хомяков Г.К., Скаун Н.А. Элементный анализ по характеристическому рентгеновскому излучению, возбуждаемому ускоренными протонами //Атомная энергия, 1974. – Т. 36. – С. 401–403.

**Лукьянова Т.С.
Короткова С.В.**

*Московский государственный
областной университет (МГОУ)*

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОСИСТЕМЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Развитие цивилизации ускоряет изменение бассейна экосистемы Балтийского моря. Судоходство и переселение чужеродных видов биоты, рост искусственной смертности целого ряда морских млекопитающих и рыб, а также химическое загрязнение приводят к тому, что экосистема стала иметь черты доминирования новых, малоценных представителей ихтиофауны, а рыбы-аборигены стали им уступать.

**Lukianova T.S.
Korotkova S.B.**
Moscow State Regional University (MSRU)

ABOUT ECOSYSTEM OF BALTIC SEA

The development of society have progressed to the change of ecosystem of Baltic Sea. Navigation and migration of the stranger species of biota, growth of artificial death-rate of the series of sea mammals and fishes and also chemical pollution have changed ecosystem. Ecosystem have transformed her forms to dominate a new species but not valuable species, ichthyofauna and fishes-aboriginal have-given way before pressure.

Балтийское море в целом относится к водоемам бореального типа, однако в отдельных районах и слоях оно носит черты арктического характера. В связи с этим его населяют различные по зоогеографической принадлежности организмы. На видовой состав и распределение зообентоса в море оказывают воздействие те же факторы, что и на фитобентос.

Из природных факторов, влияющих на продуктивность экосистемы Балтийского моря, одним из важнейших является адвекция вод из Атлантики и связанный с ней общий баланс солености вод в бассейне. В периоды распреснения, например, на рубеже 70—80-х годов, происходит спад продукции рыб морского фаунистического комплекса, особенно трески [9]. Фауна Балтийского моря, как и фитобентос, характеризуется небольшим количеством морских видов, широко распространенных в других морях. Причем качественное обеднение фауны, при продвижении из Северного моря в Балтийское, гораздо сильнее, чем флоры.

Донная и придонная фауна Балтийского моря представлена различными видами двустворчатых моллюсков, полихет, усоногих и десятиногих раков, амфипод, мшанок, приапулид, олигохет, изопод, медуз и др. Биомассу зообентоса в Юго-Восточной, Восточной и Северо-Восточной Балтике определяют *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mesidothea entomop*, *Pontoporeia affinis*. На севере преобладают личинки насекомых, пресноводные улитки и мелкие рыбы. Фауна мелких заливов Балтики характерна для пресноводных водоемов. Наряду с личинками насекомых — стрекоз и поденок — встречаются водяные клопы и пресноводные рыбы — лещ, красноперка, линь, щука и окунь.

Пролив Каттегат биологически отличен от Балтийского моря к югу от Датских проливов. Здесь обитает множество видов животных организмов, в том числе такие

тически морские виды, как цветные морские ежи, морские звезды, голотурии, морские анемоны и др.

По сравнению с Мировым океаном или внутренними озерами, видовой состав Балтийского моря весьма скучный. На дне у юго-западных берегов Финляндии просматривается только около 60-ти видов, в то время как у восточного побережья Дании их около 150, а на побережье Северного моря их полторы тысячи [14]. Из 60-ти видов, обитающих между Финляндией и Аландами – большинство составляют морские виды. Но в Балтийском море наблюдается сочетание морских и пресноводных видов. Больше всего пресноводных видов обитает в устьях рек и в отдельных оконечностях Ботнического и Финского заливов. Видов, характерных исключительно для смешанных вод, очень мало. Многие виды живут только в определенных районах Балтийского моря. В период стагнации меняется и ареал распространения видов. В периоды повышения солесодержания в Балтийском море медузы цианея обыкновенная (*Cyanea capillata*) и аурелия ушастая (*Aurelia aurita*) начинают проникать в его северные части. Туда же направляются многие донные (бентосные) виды и разновидности фитопланктона. На юг Балтийского моря вместе с морскими солеными водами приходят океанские виды: пикша, макрель и веслоногие морские раки – кланусы. Нагрузка от пресно-соленых смешанных вод проявляется не только в ареале распространения видов. Многие разновидности морских видов не вырастают в пресно-соленых водах Балтийского моря до размеров своих океанских собратьев. Большинство пресноводных видов рыб: окунь, плотва, проходной сиг (*Coregonus lavaretus*), щука, лещ, язь, судак, налим, хариус и трехглазая колюшка, а также многие водные растения с успехом населяют весь район Балтийского моря или заплывают в него очень далеко в поисках пищи. Из 21 вида моллюсков, обитателей внутренних водоемов Финляндии, ни один не прижился нигде в Балтийском море. Исключением являются отдельные места в Финском и Ботническом заливах, а также в устьях рек, где вода практически пресная.

Балтийское море достаточно бедно морскими млекопитающими, к которым относятся три вида тюленей: тюлень серый, тюлень обыкновенный или нерпа, а также морская свинья обыкновенная, которая относится к зубатым китообразным. Нерпа в водах Балтийского моря настолько отличается от своего исходного вида – нерпы кольчатой, что считается отдельным подвидом – нерпа балтийская. Обыкновенный тюлень сегодня встречается в Балтийском море в количестве нескольких сотен особей только в юго-западной части, и данный вид никогда не отличался обилием в Балтийском море. Нерпа еще в середине прошлого столетия водилась в Балтийском море десятками тысяч, но охота на нее, загрязнения в следствие техногенной деятельности человека, привели к резкому сокращению их численности.

В последние десятилетия отмечено резкое возрастание темпов вселения в водные экосистемы всего мира чужеродных видов организмов (биологических инвазий). Так, за последние пятьдесят лет количество чужеродных видов, обнаруженных в Балтийском и Каспийском морях, превысило число регистраций таких видов в этих морях за весь предшествующий период наблюдений [1]. Проблема биологических инвазий весьма актуальна для прибрежных и внутренних вод России. Вселение чужеродных видов животных и растений в природные сообщества в результате человеческой деятельности представляет собой своего рода «биологическое загрязнение» [1].

Оказавшись в новой среде, где нет обычных для них паразитов и хищников, виды-вселенцы часто достигают массового развития. Чужеродные виды могут по-

давлять или полностью вытеснять местные виды в результате конкуренции или выедания, что приводит к упрощению структуры сообщества и снижению его устойчивости к внешним воздействиям. Считается, что резкое увеличение темпов расселения чужеродных видов в последние десятилетия обусловлено в первую очередь антропогенными факторами. В настоящее время наиболее важным антропогенным фактором считается водный транспорт, т.е. перенос организмов в составе сообществ обрастаний корпусов судов и с водным балластом в составе временных планктонных сообществ и сообществ осадков в балластных камерах. Нерегулируемый сброс балластных вод в Балтийское море привел к вселению в него более 20 чужеродных видов, значительная часть которых занесена судами из бассейнов Каспийского, Черного, Азовского морей и Северной Америки [1].

Так, прикрепившись к днищам кораблей, из Азии в Балтийское море в 20-е годы прошлого века попал мохнатокраб (Eriocheirus sinensis). Данный вид краба, несмотря на свое широкое распространение в южной части Балтийского моря в Ботническом и Финском заливах, здесь отнюдь не частый гость. Данный вид не может размножаться в малосоленой воде заливов.

Американский вид щетинкового червя (*Marenzellaria viridis*) более успешно по сравнению с крабами завоевал среднюю часть Балтийского моря. В устье Вислы он totallyно доминирует в данной части моря, а в последние годы было отмечено сильное размножение данного вида в акватории Рижского залива. К новейшим пришельцам можно отнести каспийский вид медуз *Nemimysis anomala*, впервые обнаруженный у берегов Финляндии в 1992 году. Предполагают, что данный вид из южной части Российской Федерации через каналы и искусственные водохранилища попал в Балтийское море, но существует и другая версия о том, что он попал в Балтийское море, прицепившись к днищу морских судов.

Хищный ракоч-церкопагис был занесен в Балтийское море в начале 1990-х годов. Причина появления представителей этого вида в Балтийском море — перенос покоящихся яиц, способных длительное время выдерживать неблагоприятные условия среды, с балластными водами судов. Впервые он был обнаружен в 1992 году в Рижском заливе [13]. В 1995 году церкопагис в больших количествах был впервые найден в восточной части Финского залива. После этого здесь начались интенсивные исследования его биологии группой по изучению водных чужеродных видов Зоологического института РАН. Вселение в Балтийское море понтон-каспийской хищной кладоцеры церкопагиса (*Cercopagis pengoi*) уже привело к существенным экономическим потерям для прибрежного рыболовства [13]. Экономические потери для прибрежного рыболовства в Финском заливе вызваны в первую очередь тем, что в периоды массового развития церкопагис быстро забивает установленные сети, образуя на них своеобразную «пасту» из сцепившихся длинными шипами особей. Численность этого небольшого животного (длина тела примерно 1 см) в отдельных районах залива может достигать 300 экз./м³. В местных условиях церкопагис не имеет ни хищников, ни паразитов. Он создает очень сильную пищевую конкуренцию для планктоноядных рыб, в то время как сам церкопагис, в силу специфического морфологического строения, рыбой не поедается. Тенденция увеличения численности раков не оставляет шансов избежать ситуации, сходной с воздействием гребневика — вселенца в Черное море. Сходная ситуация может возникнуть и в других морях России. Вышеописанные виды пришельцев, которых в более ранний период в акватории Балтийского моря не наблюдалось, попав сюда, в свою очередь, включились в пищевую сеть экосистемы Балтийского моря, являясь консументами для одних

видов и одновременно источником пищи для консументов более высокого порядка. Однако, довольно часто, не имея естественных врагов и паразитов, данные виды в местных условиях хорошо приспособились и очень быстро увеличивают свою численность, вытесняя при этом местные виды. Каспийский ракоч-церкопагис, поселившийся в Финском заливе, распространяется в Балтийском море и постепенно занимает нишу ценных биоресурсов — кильки и шпрота.

Видовой состав Балтийского моря еще не стабилизировался окончательно, а новые виды продолжают прибывать. В ходе проведенных исследований удалось выяснить, что песчаная ракушка появилась в акватории Балтийского моря в качестве пришельца около 300 лет тому назад.

В декабре 1998 года в Петербурге в ЗИН РАН было проведено международное рабочее совещание по чужеродным видам в Балтийском и Черном морях, где рассматривались проблемы разработки систем раннего предупреждения, прогноза и более эффективной оценки риска и стоимости вселения чужеродных видов, разработки мер по контролю распространения и снижения вредного воздействия «биологического загрязнения» [1]. В докладах было показано, что в настоящее время Финский залив является одной из основных «горячих точек» Балтийского моря по уровню и риску «биологического загрязнения». Риск проникновения чужеродных видов в бассейн Финского залива связан с интенсивным судоходством. Здесь проходят трансконтинентальные водные транспортные потоки из районов Белого, Черного и Каспийского морей, а также трансокеанические потоки из районов Дальнего Востока, Южной Азии, Австралии, Северной и Южной Америки. Риск проникновения чужеродных видов резко возрастет в будущем при увеличении интенсивности судоходства в регионе в связи с планируемым строительством портов в восточной части Финского залива и созданием международных транспортных коридоров, проходящих через Санкт-Петербург.

Одним из основных регионов-доноров биологических инвазий в восточную часть Финского залива можно считать Понто-Каспийский регион. Так, 42% видов-вселенцев Балтийского моря и 50% чужеродных видов в восточной части Финского залива имеют понто-каспийское происхождение [13]. Вероятность их заноса непосредственно из Северного Каспия и Волги по Волго-Балтийскому пути достаточно велика.

Уже при существующей интенсивности судоходства в Финский залив проник ряд чужеродных видов, которые могут негативно воздействовать на местные сообщества и экосистемы. Среди них виды понто-каспийского (моллюск *Dreissena polymorpha*, кладоцера *Cercopagis pengoi*), северо-американского (полихета *Marenzelleria viridis*) и азиатского (китайский мохнатоногий краб *Eriocheir sinensis*) происхождения. Отсутствие контроля за сбросом балластных вод судов и других источников «биологического загрязнения» может привести к катастрофическим и необратимым изменениям в экосистемах Финского залива и стать остройшей экологической проблемой региона. В результате была обоснована необходимость практических мероприятий по предупреждению интродукций чужеродных видов в Финский залив Балтийского моря [1].

В основном этот эволюционный процесс протекает в морских экосистемах внешне малоощутимо, латентно. Все новые виды-вселенцы постоянно обнаруживаются в ходе морских биологических экспедиций (ИО РАН, АтлантНИРО, МГУ и др.).

Резкое увеличение в 70–90-е годы стоков бытовых и промышленных отходов с высокой концентрацией биогенных элементов, а также смыв удобрений с сельско-

хозяйственных полей явились причиной не наблюдавшихся ранее бурных вспышек развития микроводорослей и необычайно высокого уровня первичной продукции. Эвтрофирование проявляется в развитии дефицита кислорода в придонных слоях воды, в «цветении» воды вследствие интенсивного развития фитопланктона в пик вегетации, в снижении видового разнообразия. Эти явления особенно характерны для мелководий южных морей. Они приводят к заморам и резкому уменьшению численности в водоемах как промысловых видов, так и их пищевых объектов.

С 1984 по 1993 год запасы трески (соответственно и уловы) неуклонно снижались с 391 тыс. до 40 тыс. т. Состояние промысла таково, что вот уже несколько лет подряд Россия настаивает на установлении моратория на промысел трески в целях сохранения популяции. В конце 90-х годов вылов балтийской кильки колеблется от 20 тыс. до 50 тыс. т. Общий вылов рыбы в последнее десятилетие сократился в этом море в 4-5 раз [9]. Антропогенное воздействие на морские экосистемы повлекло не только падение общей биомассы, но и оказало заметное селективное влияние на половую и возрастную структуру популяций промысловых рыб. Анализ возрастной структуры трески в уловах 1946–1979 годов показывает, что по мере нарашивания тралового промысла к 1970 году практически исчезли рыбы старшего (15–20 лет) поколения, к 1980 году почти не стало 10–15-летней трески. В настоящее время основу промысла составляют рыбы в возрасте 3-6 лет [9].

Основная масса атлантической трески созревает к 8–10 годам (длина до 90 см). Треска нерестится ежегодно, иногда до 6-7 раз на протяжении жизни. В природе темпы полового созревания трески колеблются в зависимости от климата, урожайности и других факторов.

Если говорить о пищевой цепи Балтийского моря, то основными производителями первичного органического вещества в экосистеме Балтийского моря являются продуценты, такие как: фитопланктон, озерный камыш и водоросли. Наиболее интенсивно фотосинтез протекает в прибрежных водах Балтийского моря. Прибрежные воды характеризуются небольшими глубинами, в результате этого солнечный свет часто проникает до самого дна. Несмотря на это, основная энергия пищевых цепей Балтийского моря вырабатывается в открытом море, где этим занимаются водоросли, достигающие максимальных количеств ранней весной. У фитопланктона могут иметься плавательные органы – жгутики. Представители растительного планктона, как правило, одноклеточные, но иногда они могут встречаться в связке друг с другом. Их цветовые пигменты позволяют связывать свет. Коричневые оттенки наиболее являются типичными для осени и ранней весны, зеленые получили наибольшее распространение в середине лета. Диатомовые водоросли и динофиты, наиболее распространенные в начале лета, представляют собой арктические морские виды водорослей. В разгар лета обильно встречаются и виды, наиболее характерные для теплых морей, а также пресноводные виды. В это время в Балтийском море можно встретить золотистые водоросли *Chrysophyceae*, зеленые водоросли-хлорофиты, эвгленовые водоросли *Euglenophyceae*.

В качестве первичных консументов можно назвать зоопланктон, который питается фитопланкtonом. К самому крупному зоопланктону Балтийского моря можно отнести веслоногих и дафний. К самым мелким представителям зоопланктона Балтийского моря относятся коловратки. Данный вид зоопланктона эффективно размножается без самцов основную часть года и производит их только осенью, когда условия становятся нестабильными. Веслоногие и дафнии, в свою очередь, выступают в роли важнейшей кормовой базы для такого вида рыбы как салака. Зооплан-

ктона всегда пасется рядом с фитопланктоном, поедая его. В открытом море планктон плавает пятнами. В местах, насыщенных питательными веществами и кормом с одновременно наиболее оптимальным температурным режимом и солености воды планктон встречается обильнее всего. Но данные условия подвержены частым изменениям, поэтому пятна планктона перемещаются с места на место.

Самым крупным представителем зоопланктона является ушастая медуза (*Aurelia aurita*). Часть рыб питается планктоном. Их отличительной чертой является то, что нижняя челюсть таких рыб длиннее верхней. Самым распространенным видом рыбы, которая питается планктоном в Балтийском море, является салака, или балтийская сельдь. Хищные рыбы открытого моря, такие как лосось, питаются другими рыбами. Треска также является хищником и питается сельдевой рыбой и салакой. Они, в свою очередь, питаются зоо- и фитопланктоном. В экосистеме побережья Балтийского моря, островов и водных территорий обитает множество разнообразных птиц. Среди них есть и изначально приспособленные к морской среде виды, и птицы, живущие по берегам внутренних водоемов. Наиболее богатый видовой состав птиц встречается в заросших растительностью морских заливах и на защищенных берегах. Меньше всего видов птиц отмечено на внешних шхерах, и на открытых для прибоя берегах. На внешних островах обитают морские птицы, которые гнездятся в шхерах, но находят пищу в море. Птицы, питаюсь рыбой, относятся к консументам более высокого порядка. На островах гнездятся: вилохвостые чайки, чегравки, полярные крачки, пестроносые крачки, большая морская чайка, серебристая чайка, клуша и сизая чайка. К утиным видам внешних шхер принадлежат гага обыкновенная, турпан, чернеть морская, крохаль длинноносый. В последнее десятилетие наблюдался рост большого баклана, который теперь гнездится в Финском заливе. Канадская казарка, натурализовавшись, стала гнездится на берегах Швеции и Финляндии. К консументам еще более высокого порядка можно отнести хищных птиц, таких как орлан-белохвост.

Выводы

Балтийское море относится к водоемам boreального типа. Фауна Балтийского моря, как и фитобентос, характеризуется небольшим количеством морских видов, широко распространенных в других морях. Происходит качественное обеднение фауны при продвижении из Северного моря в Балтийское. И оно происходит гораздо сильнее, чем обеднение флоры. Многие тысячи кораблей и судов, курсируя между континентами, осуществляют трансграничное расселение экзотической фауны. С балластными водами или на днищах судов случайные морские организмы заносятся в европейские моря. Многие виды-вселенцы, обладая широкой экологической пластичностью и высокой скоростью воспроизводства, формируют в новых водоемах многочисленные популяции и существенно изменяют видовую и пищевую структуру экосистем.

Развитие цивилизации, особенно в течение последних ста лет, существенно ускорило эволюцию экосистем. Строительство искусственных каналов и плотин, масштабное судоходство, переселение чужеродных видов биоты, рост искусственной смертности целого ряда морских млекопитающих и рыб, химическое загрязнение в совокупности привели к тому, что к началу XXI века экосистемы приобретают черты, при которых в морях все более доминируют новые малооцененные представители ихтиофауны, а рыбы-aborигены уступают в соперничестве с пришельцами. В данной работе выявлены проблемы, которые уже затрагивались многими авторами (Войт, 1995; Цыбань, 1998; Кудрявцев, 1998; Беренбейм, 1999; Телеш, 2000; Щука, 2002) и которые будут рассматриваться в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А.Ф., Орлова М.И., Панов В.Е. Последствия интродукций чужеродных видов для водных экосистем и необходимость мероприятий по их предотвращению. В кн.: Виды-вселенцы в европейских морях России: Сборник научных трудов. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2000. – С. 12–23.
2. Айбулатов Н.А. Геоэкология шельфа и берегов морей России. М.: Ноосфера, 2001. – С. 428.
3. Айбулатов Н.А., Басс О.В. Антропогенный фактор в развитии береговой зоны Балтийского моря // Водные ресурсы. 1983. №3. – С. 127–134.
4. Атлас океанов СССР. М., 1980. – С. 156.
5. Беренбейм Д.Я., Маркова Л.Я., Нечай С.И. Балтийское море // Очерки природы, 2-е изд. Калининград, 1999. – С. 92–122.
6. Войт К. Балтийское море: проблемы загрязнения и естественные изменения экологических условий // Импакт наука и общество, 1985. № 1. – С. 3–9.
7. Гурьянова Е.Ф. Закономерности распределения морской фауны и принципы районирования Мирового океана // Тр. I Сессии Всесоюз. палеонтол. общества. М., 1957. – С.15–24.
8. Кондратьев К.Я. Итоги III Международной конференции экологов стран Балтийского региона // Вестник АН СССР. М., 1991. № 11. – С. 130–133.
9. Кудерский Л.А. Влияние хозяйственной деятельности на экосистему Балтийского моря // Сб. науч. тр. ГосНИОХР. 1994. Вып. 328. – С. 111–130.
10. Кудрявцев В.М., Цыбань А.В. Первичная продукция и деструкция // Экология. 1998. Вып. 6. – С. 473–475.
11. Матишов Г.Г., Денисов В.В. Экосистемы и биоресурсы европейских морей России на рубеже XX и XXI веков. Мурманск, 1999. С. 124.
12. Сборник рекомендаций Хельсинкской комиссии. СПб, 2001. – С. 480.
13. Телеш И.В., Литвинчук Л.Ф., Большагин П.В., Крылов П.И., Панов В.Е. Особенности биологии пonto-каспийского вида *Cercopagis pengoi* (Crustacea: Onychopoda) в Балтийском море. В сб. «Виды-вселенцы в Европейских морях России». Апатиты, 2000. – С. 130–151.
14. Цыбань А.В., Щука Т.А. Современное экологическое состояние Балтийского моря // Обзор загрязнения окружающей природной среды в РФ за 1998 год. М.: Росгидромет, 1999. – С. 130–138.
15. Щука Т.А. Характеристика современного состояния зоопланктона Балтийского моря. М., 2002. С. 135.

Лукьянова Т.С.,
Короткова С.В.

Московский государственный
областной университет (МГОУ)

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ БАССЕЙНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Из-за полузамкнутости Балтийского моря состояние акватории (включая живые организмы) определяется чистотой речного стока – основного источника пополнения пресной водой. Геоэкологические факторы (полузамкнутость, мелководность водоема, особенности водообмена с Северным морем, режим солености, резко выраженная двухслойность водной толщи, условия стагнации во впадинах) оказывают влияние на продуктивность экосистемы.

Lukianova T.S.,
Korotcova S.V.
Moscow State Regional University (MRSU)

NEW RESULTS ABOUT GEOECOLOGIC CHARACTERISTIC OF THE BALTIC SEA

From the half-reserved regime of area of water (including living organisms) the general state of area of water is connected with the cleanliness of the river flowing. The river flowing is general spring refill of fresh water into the Baltic sea. Geoecologic factors (half-reserved regime, shoal, feature water change with the North sea, regime of saltiness, harshly formed two layers of water thickness condition of stagnation into the deep depressions) have an effect on the productivity of ecosystem.

Балтийское море лежит между параллелями $65^{\circ}56'$ и $54^{\circ}46'$ с. ш. и меридианами $9^{\circ}57'$ и $30^{\circ}00'$ в. д. и глубоко врезано в северно-западную часть Евроазиатского материка. Крайняя северная точка Балтийского моря расположена у полярного круга ($65^{\circ}56'$ с. ш.), а крайняя южная точка – в Щецинском заливе ($54^{\circ}46'$ с. ш.). Таким образом, море по меридиану вытянуто на $11^{\circ}10'$, что составляет около 1300 км. Крайняя западная точка моря расположена вблизи порта Фленсбург ($9^{\circ}57'$ в. д.), а крайняя восточная точка – в порту Санкт-Петербург ($30^{\circ}00'$ в. д.). Следовательно, по параллели море вытянуто на $20^{\circ}43'$, что составляет около 1350 км (по параллели 54° с. ш.). Расстояние от порта Торнео, расположенного на крайнем севере моря, до мыса Скаген составляет около 1800 км.

Балтийское море почти со всех сторон окружено сушею и лишь в юго-западной части через датские проливы (Зунд, Большой и Малый Бельты) и далее через проливы Каттегат и Скагеррак соединяется с Северным морем Атлантического океана. Связь Балтийского моря с Северным осуществляется также через Кильский канал (длина 100 км). Канал был открыт для судоходства в 1895 г. Он почти на 300 км сокращает путь в Северное море. Кроме того, по Балтийскому морю пролегает внутренний водный путь (по территории Швеции), позволяющий попасть в пролив Каттегат, и внутренний водный путь из Финского залива в Белое, Черное и Каспийское моря.

Современное Балтийское море окружают различные по происхождению и типам берега. При многообразии берегов рельеф дна очень неровен.

Балтийское море состоит из системы глубоких впадин, отделенных друг от друга банками или поднятиями дна. Очень длинная изрезанная береговая линия обуславливает наличие многочисленных заливов и островов, особенно в северной его части. Общее количество островов составляет несколько тысяч, но большинство из них очень мелкие. Наиболее крупные острова: Готланд, Эланд, Сааремаа, Рюген, Хийумаа, Борнхольм и др.

Традиционно балтийские океанографы подразделяют бассейн Балтийского моря на 5 основных частей: собственно Балтийское море, Ботнический залив, Финский залив, Рижский залив и районы Бельта и Каттегата. Собственно Балтийское море (без заливов, проливов и бухт) еще делится на северную часть (от широты Ирбенского пролива на север), центральную часть (от широты Ирбенского пролива до Клайпеды) и южную часть Балтики (от широты Клайпеды до Датских проливов). Мериидиан, пересекающий острова Форе и Готланд, условно делит Балтику на восточный и западный секторы.

Балтийское море занимает площадь 415'266 км², в то время как площадь его водосбора вчетверо выше – 1'720'270 км². Объем вод Балтийского моря составляет 21'721 км³ (табл. 1).

Расположенное в умеренном поясе вблизи Атлантического океана и глубоко вклинившее в сушу Балтийское море характеризуется в основном морским климатом умеренных широт. Вместе с тем морю свойственны черты континентального климата. Своеобразная конфигурация моря обусловливает его значительную протяженность с севера на юг и с запада на восток, что создает различия климатических условий в разных районах моря. Эти различия проявляются в неодинаковых от места к месту величинах основных метеорологических элементов, характерных для каждого сезона.

Наиболее существенно влияют на погоду на Балтике Исландский минимум, Сибирский и Азорский антициклоны. Характером их взаимодействия определяются сезонные особенности погоды. В осенне и особенно зимнее время интенсивно взаимодействуют Исландский минимум и Сибирский максимум, что усиливает циклоническую деятельность над морем. В связи с этим, здесь часто проходят глубокие циклоны осенью с запада на восток, а зимой на северо-восток. Они несут с собой пасмурную погоду с сильными юго-западными и западными ветрами.

Особенности водного баланса Балтийского моря, как и любого другого водоема, определяются несколькими факторами: материковым стоком (поверхностным и подземным), водообменом с Северным морем через Датские проливы, атмосферной циркуляцией, осадками и испарением.

По площади (около 415 тыс. км²) Балтийское море вполне сравнимо с другими внутренними акваториями, однако по количеству содержащейся в нем воды (21 тыс. км³) оно мало, а по отношению к Атлантике его можно считать пренебрежимо малым. Средняя глубина Балтики составляет 52 м, но около 17% акватории не глубже 10 м. Водообмен с Мировым океаном, осуществляемый лишь через узкие и мелкие проливы Скагеррак и Каттегат (ведущие в Северное море), замедлен: полное обновление воды может произойти в среднем за 30–50 лет. Эта полузамкнутость Балтийского моря обуславливает его чрезвычайную чувствительность к антропогенному воздействию.

Почти весь кислород, необходимый для нормального обитания организмов в глубинной части Балтики, приходит вместе с водами Северного моря. Это происходит нерегулярно, только под воздействием сильных западных ветров. В целом за XX столетие было около 90 вторжений североморской воды, однако, например, в

период с 1983 по 1992 г. не было ни одного. Поступающие воды более соленые, более плотные, поэтому погружаются вниз.

Тогда в нижнем слое создаются хорошие условия для жизни организмов. Но когда проникновение североморских вод в Балтику замедляется, весь имеющийся в глубинных слоях кислород постепенно расходуется на окисление органических веществ. И в течение довольно продолжительных периодов качество воды в Балтике, особенно в верхних слоях ее толщи зависит от стока рек. Следовательно, условия обитания организмов и общее состояние акватории определяются в первую очередь чистотой речного стока – основного источника пополнения моря.

Балтийское море служит приемным бассейном более чем двухсот рек (табл. 2). Более половины общей площади бассейна Балтийского моря дренируют крупнейшие реки – Нева, Висла, Западная Двина (Даугава), Неман (Нямунас), и именно в них попадает большая часть загрязняющих веществ, образующихся в результате антропогенной деятельности на территории.

Все скандинавские реки обладают небольшой водностью и дают суммарный годовой сток около 18 km^3 . Всего же в Балтийское море реками выносится более 430 km^3 воды в год [8]. В течение года речной сток распределяется неравномерно. Максимум его приходится на время весеннего половодья и частично летне-осенних паводков, а минимум на зимнее время. При этом в южной Балтике половодье наблюдается в апреле, а в северной – северо-западной частях моря – в мае. Минимум стока отмечается в зоне проливов и в южной части Балтийского моря в июле-августе, в то время как на севере морского бассейна – в январе-феврале. Величина подземного стока для бассейна Балтийского моря составляет примерно $38 \text{ km}^3/\text{год}$ [7].

Количество атмосферных осадков, в общем, значительно меньше речного стока и сравнимо со значением испарения. На зеркало Балтийского моря в среднем за год выпадает от 183 до 223 km^3 атмосферных осадков [4]. При этом, как и в других морях, в прибрежных районах и заливах количество осадков больше, чем в открытых частях моря. В северных районах Балтики, в противоположность речному стоку, осадков выпадает примерно на 20% меньше, чем в южных.

Сезонное распределение величины испарения различно. Максимум испарения в целом по морю приходится на осень (октябрь-ноябрь), а в южных районах моря – на июль-сентябрь. Наименьшее испарение наблюдается в апреле-мае. В среднем за год с поверхности Балтийского моря испаряется 185 km^3 влаги, проливной зоны – $40,8 \text{ km}^3$ [12].

Избыток опресненных вод (440 km^3) в виде выходного поверхностного течения сбрасывается через Датские проливы и Каттегат. Одновременно соленые воды поступают в Балтику (входное глубинное течение). Такая циркуляция характерна для маловетренной погоды. При сильных ветрах в проливах наблюдается только одно течение – входное или выходное в зависимости от направления ветра.

Одним из важнейших физико-химических параметров состояния морской воды является режим солености, который в значительной степени формирует весь гидролого-гидрохимический климат Балтийского моря. Режим солености определяется следующими основными факторами: поступлением соли путем водообмена с Северным морем (адвективный фактор); поступлением пресного (речного) стока в море; перенос соли процессами вертикального обмена (турбулентный обмен, внутриволновые процессы, вихри и др.) В прибрежной зоне, в отличие от открытого моря, решающее значение имеют материковый сток, процессы ледообразования и ледотаяния, осадки, испарение.

Балтийское море — солоноватый бассейн. Соленость поверхностных вод колеблется в больших пределах: от 8‰ вблизи Датских проливов до 2–3‰ в вершинах Финского и Ботнического заливов. В поверхностном слое моря соленость испытывает сезонные и межгодовые колебания. Придонные воды более соленые; в нижнем слое соленость вод Северной Балтики составляет 7–9‰, а в Южной Балтике увеличивается до 15–18‰ и больше.

Располагающийся между верхним и нижним слоями мощный слой скачка солености довольно устойчив и залегает на глубинах от 30 м в Арконской впадине, до 70 м в Северо-Балтийской. Его существование обусловлено, с одной стороны, влиянием пресного стока и формированием верхнего распресненного слоя, а с другой — влиянием процессов водообмена между Балтийским и Северным морями и формированием нижнего более соленого слоя.

Кислородный режим в поверхностном слое зависит от сезонных изменений температуры и биологической продуктивности вод. Верхний слой толщиной 67–70 м насыщен кислородом не ниже 70%. Максимальное количество растворенного кислорода наблюдается весной до глубин 15–20 м, что объясняется активными процессами фотосинтеза при относительно низких температурах воды. Летом содержание кислорода в воде несколько снижается из-за уменьшения растворимости кислорода при повышении температуры воды и его большого расходования на разложение отмирающих растений; осеннеое охлаждение, наоборот, ведет к повышению абсолютного содержания кислорода в поверхностном слое вод.

Слабая аэрация глубинных вод приводит к обеднению их растворенным кислородом, поэтому с глубиной повсеместно наблюдается уменьшение содержания кислорода, особенно резко заметное ниже скачка плотности. Насыщенность кислородом падает здесь до 15–20%. В придонных водах в ряде впадин появляется серово-дород. Наиболее это заметно в периоды, когда ослаблен приток североморских вод во впадины моря, который не компенсирует расход кислорода на процессы окисления. Периоды стагнации могут быть весьма длительными, достигая продолжительности 5–7 лет и более [11].

По мере развития процессов фотосинтеза весной и летом содержание биогенных веществ в поверхностном слое вод Балтийского моря уменьшается. В глубинных водах Балтийского моря, начиная с глубины 60–80 м, происходит довольно резкое увеличение содержания биогенных элементов, особенно заметное в придонном слое. Это связано с поступлением и разложением осаждающегося органического вещества. Большие количества биогенных веществ, скапливающиеся в придонных слоях, обуславливают обогащение ими донных осадков. Количество биогенов, поступающих в море с суши, из года в год растет в связи с загрязнением его промышленными стоками. Зимой, в результате интенсивного вертикального перемешивания вод штормовыми волнами и ослабления процессов фотосинтеза, наблюдается заметное повышение содержания питательных веществ в поверхностном слое.

Обогащение Балтийского моря биогенными элементами за счет водообмена с Северным морем путем поступления их из проливов не происходит, поскольку североморские воды содержат значительно меньше биогенных веществ, чем балтийские.

Особенности водообмена, резко выраженная двухслойность водной толщи, условия стагнации в глубоководных впадинах, периодически устраниющиеся мощными вторжениями североморских вод — все эти факторы определяют специфику гидрохимического режима в Балтийском море.

Немаловажной характеристикой Балтийского региона является история его формирования, которая ведет отсчет от постепенного освобождения Прибалтийской низменности ото льда.

Особенности гипсометрии подводных террас, расположенных на разных глубинах моря, а также спорово-пыльцевой анализ растительности, произраставшей по берегам Балтийского озера, а затем моря, позволили установить несколько этапов в его развитии. Вслед за таянием ледника вся Балтийская впадина была занята обширным пресным Балтийским ледниковым озером, которое просуществовало около 4 тыс. лет; 10 тыс. лет назад озеро через Датские проливы соединилось с бассейном Атлантического океана, в результате трансгрессии возникло Иольдиево море, просуществовавшее около 500 лет.

В дальнейшем связь с океаном нарушается вследствие падения его уровня и возможного поднятия Фенноскандии. В период, протекавший 9500–8000 лет назад, возникло пресноводное Анциловое озеро. Наполнение Анцилового озера и подъем уровня океана привели к размыву Датских проливов и соединению озера с Северным морем. В итоге начавшейся трансгрессии возникло Литориновое море, просуществовавшее в период около 3,5 тыс. – 4,5 тыс. лет назад. Следующая стадия развития бассейна — море Лимнеа, уровень которого постепенно падал, приближаясь к современному морю Миа. Современный уровень моря лежит на 6 м ниже Литоринового моря, что привело к заболачиванию прибрежной низменности вокруг Балтийского моря.

В настоящее время уровень Мирового океана, а следовательно, и входящих в его бассейн морей, поднимается со скоростью 1,5 мм в год, или 1,5 м в тысячелетие [5]. В сочетании с тектоническим опусканием побережья региона со скоростью около 1-2 мм в год общий подъем уровня составляет 2,5–3,5 м в тысячелетие. Это значит, что на территории Калининградской области берега пребывают в трансгрессивном режиме, т.е. море наступает на сушу. В целом голоцен подразделяется на пять климатохронологических фаз: пребореальную, бореальную, атлантическую, суббореальную и субатлантическую. Эта схема была разработана в начале XX века скандинавскими учеными на основе палинологических исследований торфяных отложений Скандинавии. Она широко используется для стратификации морских отложений послеледникового Балтийского моря и прилегающих территорий, включая Калининградскую область.

Район Балтийского моря — один из самых подвижных районов на Земле. Как писал русский геолог Ю.А. Мещеряков, «Балтийский щит поднялся за 12000–15000 лет так, как Кавказ поднялся за 750 000 лет». В качестве основной причины тектонической активности следует назвать гляциоизостазию.

Геофизикой установлено, что земной шар в целом находится в состоянии, близком равновесию. Однако на поверхности Земли это равновесие часто бывает нарушено. Горы тяжелее, нежели равнины или дно океанов. Обычно эта разница в весе компенсируется различной плотностью подстилающих пород, а также различной толщиной земной коры (под горными системами мощность коры значительно больше, чем под равнинами и океанами). Но на эту сравнительно хорошо уравновешенную систему действует новая мощная нагрузка: ледяной купол толщиной во многие сотни метров. Вес ледника значителен: помимо льда и прессованного снега он заключает тонны обломочных пород. Под тяжестью ледника земная кора начинает прогибаться. Сперва медленно, потом быстрее и быстрее. Прогиб земной коры во время максимального распространения оледенения, вероятно, достигал в Фенноскандии нескольких сотен метров.

На глубине 80–100 м в Земле расположен слой пониженной вязкости — астеносфера. По мнению русских исследователей [3], именно этот слой и являлся причиной изостатических движений. Земная кора поднималась: сначала медленно. Когда стаяла основная масса льда, скорости поднятия увеличились. Затем они постепенно угасли.

Измерение отклонения силы тяжести, произведенное в Финляндии, показало, что большая часть территории этой страны характеризуется отрицательными аномалиями. Это означает, что эффект ледниковой разгрузки еще не полностью преодолен, распрямление земной коры здесь продолжается. Современные поднятия, которые устанавливаются повторными нивелировками и футштотчными наблюдениями, — последние отголоски изостатических движений.

Изостазия — не единственная причина тектонических движений Прибалтики. Здесь действуют и тектонические силы, унаследованные от давних геологических времен. Известно, что Скандинавские горы всегда имели тенденцию к поднятию, а область Ботнического залива длительное время прогибалась. Но эти силы были незначительными по сравнению с изостатическими. Гляциоизостазия — одна из основных причин многократных изменений глубин и очертаний Балтийского моря.

Другой важной причиной изменений уровня Балтийского моря в поздне- и послеледниковое время было изменение уровня Мирового океана — эвстатический фактор. В процессе оледенения значительная часть воды Мирового океана переходит из жидкого состояния в твердое: уровень воды в Мировом океане понижается. Установлено, что в период максимального распространения льдов последнего оледенения (25 000–20 000 лет назад) уровень воды в Мировом океане был на 100–200 м ниже современного.

Изучение современных движений Прибалтики имеет важное значение для подлинной истории Балтийского моря. По подсчетам финского исследователя Кяэриянена, приблизительно через 2600 лет рельеф Балтики существенно изменится: наиболее узкая часть Ботнического залива пересохнет, и Финляндия сольется со Швецией.

Выводы

Водообмен с Мировым океаном, осуществляемый лишь через узкие и мелкие проливы, ведущие в Северное море, происходит нерегулярно: полное обновление воды может произойти в среднем за 30–50 лет. Из-за такой полузамкнутости Балтийского моря общее состояние акватории (следовательно и условия обитания организмов) определяется в первую очередь чистотой речного стока — основного источника пополнения моря.

Геоэкологические факторы Балтийского моря (полузамкнутость, мелководность водоема, особенности водообмена с Северным морем, режим солености, резко выраженная двухслойность водной толщи, условия стагнации в глубоководных впадинах) оказывают влияние на продуктивность экосистемы Балтийского моря.

Бассейну Балтийского моря всего 12 000 лет, а в нынешнем виде этот бассейн существует всего 6 000 лет. За такой короткий эволюционный период виды просто еще не успели приспособиться к этой среде, видовой состав Балтийского моря еще не стабилизировался окончательно, не говоря уже о развитии в акватории Балтийского моря собственной флоры и фауны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айбулатов Н.А., Артюхин Ю.В. Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана. СПб: Гидрометоиздат, 1993. С. 300.
2. Артемьев М.Е. О природе вертикальных движений земной коры по данным об изостатических аномалиях на территории Европы // Доклады АН СССР. 1963. – С. 664–667.
3. Артемьев М.Е., Артюшков Е.В. Изостазия и тектоника // Геотектоника. 1967. – С. 41–56.
4. Беренбейм Д.Я., Маркова Л.Я., Нечай С.И. Балтийское море // Очерки природы, 2-е изд. Калининград, 1999. – С. 92–122.
5. Войт К. Балтийское море: проблемы загрязнения и естественные изменения экологических условий // Импакт наука и общество. 1985. № 1. – С. 3–9.
6. Егорьева А.В. Балтийское море. М.: Географгиз, 1961. – С. 96.
7. Зекцер И.С. Количественная оценка подземного стока в Балтийском море. Труды XII Конференции балтийских океанографов и VII Совещания экспертов по водному балансу Балтийского моря. Л., 1981. – С. 217–221.
8. Краснов Е.В., Литвин В.М. Основные направления эколого-географических исследований в бассейне Балтийского моря // Известия РГО. 1994. Т. 126, вып. 4. – С. 65–72.
9. Литвин В.М. Геоморфология и физико-географические условия Балтийского моря // Осадкообразование в Балтийском море. М.: Наука, 1981. – С. 5–21.
10. Фурман Э., Дальстрём Х., Хамари Р. Балтийское море – природа и человек. Хельсинки: OTAVA, 1998. – С. 159.
11. Цыбань А.В., Щука Т.А. Современное экологическое состояние Балтийского моря // Обзор загрязнения окружающей природной среды в РФ за 1998 год. М.: Росгидромет, 1999. – С. 130–138.
12. Юденкова Н.М. Роль атмосферного переноса в загрязнении Балтийского моря тяжелыми металлами // Международная научно-техническая конференция. – 2000. Ч. 1. – С. 393–394.

Ведешкин В.А.

Московский государственный
областной университет (МГОУ)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Обзор минерально-сырьевой базы (МСБ) ртути России, ее оценка и сравнение МСБ ртути России и пограничных государств. Проведен анализ проблем, связанных с разработкой ртутных месторождений.

Vedeshkin V.A.

Moscow State Regional University (MSRU)

GEOECOLOGICAL FEATURES OF DEVELOPMENT OF MERCURY ORES

Review of raw mineral-material base (MMB) of mercury of Russia, its estimation and comparison of MMB of mercury of Russia and boundary states. The analysis of problems, related to development of mercury deposits of minerals is conducted.

Ртуть (Hg – от лат. *Hydrargyrum*) – химический элемент II группы периодической системы Менделеева, атомный номер 80, атомная масса 200,59, серебристо-белый металл плотностью 13,5 г/см³. Жидкий в естественных условиях металл, при температуре -39°C становится твердым белого цвета. В естественных условиях ртуть способна испаряться и формировать ртутную атмосферу. Именно эти свойства определили особое положение ртути в нашей жизни. Известно свыше тысячи областей применения ртути. Ртуть и амальгамы используют в химической промышленности для получения хлора, различных неорганических и органических соединений; соединения ртути в – в качестве катализаторов [Межеловский Н.В., 2002]. Ртуть до сих пор применяется для амальгамационного извлечения благородных металлов, производстве газоразрядных ртутных ламп, химических источников тока, каустической соды, силовых выпрямителей переменного тока, диффузионных вакуум-насосов и т.п. Соединения ртути содержатся в художественных красках, в специальных покрытиях подводной части морских судов, применяют при производстве сухих гальванических элементов, а в деревообрабатывающей промышленности – как антисептики. Ртуть также широко используется в медицине (стоматология, мази, термометры) электротехнике и электронике, в приборостроении, в технологии изготовления взрывчатых материалов, в энергетике, термоядерной технике, горном деле и сельском хозяйстве [Межеловский Н.В., 2002].

Однако ртуть может быть не только полезной, но и вредной для всего живого. При определенных условиях, особенно в результате промышленной и бытовой деятельности людей, ее концентрации в среде обитания могут заметно возрастать, что оказывает негативное воздействие на биосферу [Климов О.М., 1999]. Одна из самых известных экологических трагедий XX столетия – болезнь Минамата – вызвана загрязнением окружающей среды ртутью [Янин Е.П., 2004].

Помимо отрицательного влияния на человеческий организм, ртуть и ее соединения так же оказывают негативное влияние на окружающую среду в целом, по-

падая в сточные воды предприятий, наземные и подземные водотоки, атмосферу и почвы [Янин Е.П., 2005].

Распределение ртути и ее содержание в земной коре крайне неравномерно. В промышленных месторождениях ее содержание резко варьирует от 0,01 до 7,0% (Кларк – $45 \times 10^{-7}\%$). Так, содержание металла в ряде месторождений России составляет: 1,59% – «Звездочка», 0,7% – Тамватнейское, 0,53% – Западно-Палянское. Среднее же содержание для месторождений России – 0,45%. Максимальное содержание ртути в рудах было отмечено на месторождении Альмадене (Испания) до 7,0 % [Информ.-аналит. сборник «Мировой и внутренний рынок цветных и редких металлов» Выпуск 14. Ртуть, 2002]. В настоящее время содержание ртути на Альмадене достигает 2-4,5 %. На разрабатываемых же месторождениях Никитовское (Украина) и Хайдарканское (Кыргызстан) минимальное промышленное содержание составляет соответственно 0,002 и 0,008 % [Межеловский Н.В., 2002, Янин Е.П., 2005, «Запасы и добыча важнейших видов минерального сырья мира», 2002].

Минерально-сырьевая база ртутной промышленности России характеризуется низким качеством руды и крайне сложными географо-экономическими условиями ее размещения. Эти обстоятельства обуславливают экономическую нецелесообразность организации добычи ртути в условиях современного рынка на подавляющем числе месторождений. К промышленно активным запасам может быть отнесено не более 10–12% всех балансовых запасов ртути, разведенных в России [ФГУНПП «Аэрогеология», 2002]. В настоящее время добыча ртути из ртутных месторождений в России не ведется. Ртуть извлекается попутно из комплексных месторождений. На эксплуатируемом в настоящее время Сафьяновском месторождении колчеданных медно-цинковых руд на Урале содержание ртути весьма низкое – 0,001%, и при переработке руд ртуть не извлекается [«Запасы и добыча важнейших видов минерального сырья мира», 2002]. Но учитывая большие объемы добычи колчеданных руд, извлечение из них ртуть может составлять до $N \times 10$ тонн металла, что сопоставимо с объектами производства ртути из собственных месторождений.

По запасам ртути страны СНГ занимают второе место в мире после Испании. Месторождения этого металла известны на территории 7 стран Содружества, суммарные промышленные запасы которых составляют 94,6 тыс. т или 45,2% от общих мировых запасов этого металла. Наиболее крупные запасы ртути сосредоточены в Кыргызстане – 47,5% от общих запасов СНГ, России – 16,5% (Тамватнейское – 14 тыс. т., Западно-Палянское – 10,1 тыс. т) и Украине – 21,6% (Никитовское – 11,4 тыс. т). Небольшие месторождения ртути имеются также в Узбекистане (Карасу – 0,3 тыс. т), Азербайджане (Агяташское и Шорбулакское – 0,7 тыс. т) и Казахстане (как попутный компонент в полиметаллических рудах – 6,1 тыс. т) [Янин Е.П., 2005, 1]. Подтвержденные промышленные запасы ртути в странах СНГ приведены в табл. 1. [Информ.-аналит. сборник «Мировой и внутренний рынок цветных и редких металлов». Вып. 14. Ртуть, 2002].

Таблица 1

Основные показатели ртутных месторождений России и СНГ

Страны	Количество месторождений	Промышленные запасы, тыс. т	Среднее содержание ртути в разведанных запасах, %	Доля в общих запасах СНГ, %
СНГ	46	94,6		100
Кыргызстан	3	44,9	0,3	47,5
Россия	23	15,6	0,45	16,5
Украина	5	20,4	0,3	21,6
Таджикистан	3	6,9	0,055	7,3
Казахстан	9	6,1	менее 0,01	6,4
Азербайджан	2	0,7	0,3	0,7
Узбекистан	1		0,3	-
Всего в мире		209,2		

Составлено по данным: Информ.-аналит. сборник «Мировой и внутренний рынок цветных и редких металлов». Вып. 14. Ртуть. – М.: ИАЦ ООО «Инфометгео», 2002.

Россия обладает значительными запасами ртути. Общие запасы ртути учтены в рудах 23 месторождений и составляют 42,2 тыс. т, из них к запасам промышленных категорий относится 15,6 тыс. т. Большинство месторождений относятся к группе мелких с запасами не более 2-х тыс. т ртути и только четыре из них являются сравнительно крупными – Тамватнейское (14 тыс. т) и Западно-Палянское (10,1 тыс. т) на Чукотке, «Звездочка» (3 тыс. т) в Якутии и Чаган-Узунское (2,9 тыс. т) в Горном Алтае. Все эти месторождения обладают рудами сравнительно низкого качества (от 0,2 до 0,45% ртути), являются государственным резервом и их промышленное освоение вряд ли возможно в ближайшие годы из-за нерентабельности отработки месторождений [Межеловский Н.В., 2002, Янин Е.П., 2005, «Запасы и добыча важнейших видов минерального сырья мира», 2002].

Проблема, связанная с влиянием ртутных и ртутьсодержащих месторождений на экологию регионов рассматривается на примере Донецкого бассейна. В пределах Донецкого бассейна основными источниками заражения ртутью являются ряд угольных месторождений с повышенным содержанием ртути и месторождения Никитовского рудного поля [Багатаев Р.М., 1998].

Причинами экологического загрязнения окружающей среды явились следующие факторы

1. В состав Никитовского рудного поля входят несколько месторождений ртути, которые в основном разрабатывались карьерным способом. Всего на этом рудном поле было добыто более 30 000 т ртути. Центральная часть рудного поля вскрыта двумя шахтными стволами до глубины 600 метров. В 90-х годах добыча ртути была прекращена, но осталась экологически нарушенная территория. [Мельников С.М., 1971]. Местный фон ртути в почвах на Никитовском месторождении составляет 1,7 г/т, что во много раз превышает ее кларк. Отвалы и отстойники Никитовского комбината, содержащие ртуть, свинец и другие токсичные металлы, десятки лет насыщают ими значительные площади, твердые минералы мигрируют с поверхностью и подземными водами на огромные расстояния. В состав комбината входил также металлургический завод, расположенный в северо-западной части рудного поля. В результате работы комбината в почве окружающей территории и отстойни-

ках, в золе растений обнаружены концентрации ртути, превышающие фоновые в 10–15 раз. Сильно загрязнена местность к западу и северо-западу от рудного поля, что обусловлено преобладанием восточных и юго-восточных ветров [Багатаев Р.М., 1998, Янин Е.П., 2005].

По имеющимся данным в этом районе количество ртути в почвах достигает 15–20 мг/кг. Пары ртути сорбируются белковыми молекулами и трансформируются в токсичную метилртуть [Климов О.М., 1999]. Ртуть в углях и породах карбона Донбасса встречается в виде сульфидной, самородной, калийхлоридной и металлоорганической формах. Наиболее крупные техногенные аномалии в подземных водах в районе Никитовского ртутного комбината – до 0,01 мг/л, что в 20–30 раз превышает ПДК. Значительное содержание паров ртути было выявлено в г. Горловке, особенно вблизи Никитовского ртутного комбината: от 155–300 до 1427–1680 мг/л. Весьма высокие значения содержания ртути выявлены также в районе г. Енакиево, вблизи коксохимического и металлургического заводов [Багатаев Р.М., 1998, Янин Е.П., 2005].

2. С целью установления геохимического фона в Донбассе отобрано несколько тысяч проб углей и горных пород. В отдельных пластах угля ртуть образует ореолы с содержанием, в сотни раз превышающим фон в Донбассе. Исследования показали, что в углях Донбасса содержание ртути достигает 0,5 г/т и более [Багатаев Р.М., 1998].

Большую опасность для окружающей среды представляют обширные шахтные отвалы и многочисленные угольные терриконы Донбасского региона. Выявленная закономерность концентрации ртути в угольных пластах сопровождается также повышенными содержаниями мышьяка, сурьмы, бария, молибдена и других элементов, встречающихся на ртутных месторождениях в качестве ассоциирующих элементов — минералообразователей — или в виде примесей в минералах. Гидрохимические аномалии ртути обнаружены и вблизи горящих породных отвалов угольных шахт и металлургических заводов Донецка, Макеевки (до 3–10 ПДК) [Багатаев Р.М., 1998].

Источником загрязнения являются также коксохимические заводы, использующие уголь с повышенным содержанием ртути и других токсичных металлов (мышьяк, сурьма и проч.) [Климов О.М., 1999]. Особенно много вреда причинили заводы, расположенные на территории полукупола Новый (законсервированный), и один из самых крупных в Европе и мире завод в Авдеевке (действующий). В настоящее время Авдеевский КХЗ не применяет угли, добываемые на Донбасском угольном бассейне в районе Никитовского ртутного месторождения [Янин Е.П., 2002].

Использование этих углей в бытовых целях также ведет к дополнительному загрязнению окружающей среды.

3. На теплоэлектростанциях Славянская и Углегорская длительное время применяли уголь, добытый на территории Горловского района. Через дымовые трубы ртуть поступала в атмосферу, а затем оседала на почву вокруг электростанций. При сильных дождях и таянии снега ртуть вместе с частицами почвы смывалась в водоемы и реки [Багатаев Р.М., 1998].

Изменение экологического состояния в Донбассе началось еще с 1795 года, когда началась промышленная разработка углей региона, и стали создаваться различные предприятия горнometаллургического, коксохимического, энергетического, строительного и других комплексов. Изменения окружающей среды Донецкой области приобретают необратимый характер, что негативно влияет на общую эко-

логическую обстановку, здоровье и продолжительность жизни населения [Багатаев Р.М., 1998].

Ртуть — элемент первого класса опасности, входящий в группу наиболее активных загрязнителей биосфера. В результате загрязнения окружающей среды ртутью в ряде населенных пунктов население подвержено хронической интоксикации, выражющейся в повышенной заболеваемости, детской смертности, возбудимости и неаргументированной агрессивности людей. В Донбассе все больше детей рождается с церебральным параличом, отмечается все больше нарушений внутренних органов человека, нарушений иммунной системы. Ртуть также оказывает пагубное влияние на развитие плода беременных женщин [Багатаев Р.М., 1998].

Приведенные данные показывают наличие серьезной экологической проблемы в регионе.

В настоящий момент решение ее связано, прежде всего, с необходимостью ведения постоянного мониторинга экологической обстановки, и что, наверное, наиболее важно, разработкой технологий безопасного, экологически чистого использования и переработки минеральных ртутьсодержащих ресурсов, а также обеззараживания (демеркьюризации) существующих терриконов и отвалов углей с повышенным содержанием ртути.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минеральные ресурсы мира на 1.01.2001 г. Статистический справочник. — М.: ФГУНПП «Аэрогеология», 2002. — 475 с.
2. Багатаев Р.М. Ртутные месторождения кварц-диккитового типа, геолого-промышленная модель, прогнозирование и оценка (на примере Донбасса и Северного Кавказа): Автореф. д-ра г.-м. наук. — М., 1998. — 46 с.
3. Янин Е.П. Ртуть в России: производство и потребление. — М., 2004. — 38 с.
4. Карасик М.А. Пары ртути в атмосфере. — М.: ВИЭМС, 1978. — 58 с.
5. Мельников С.М. Металлургия ртути. — М.: Металлургия, 1971. 476 с.
6. Янин Е.П. (Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва) Ртуть в России: ресурсы, производство, потребление // Ртуть. Проблемы геохимии, экологии, аналитики. Сб. науч. тр. — М.: ИМГРЭ, 2005. — С. 5–34.
7. Янин Е.П. Ртуть в пылевых выбросах промышленных предприятий // Экологическая экспертиза, 2002, № 4. — С. 10–29.
8. Информационно-аналитический сборник «Мировой и внутренний рынок цветных и редких металлов». Выпуск. Ртуть. — М.: ИАЦ ООО «Инфометгео», 2002. — С. 1–16.
9. Клинов О.М., Мельниченко А.С., Голубин А.К. К вопросу загрязнения окружающей среды ртутью отходами производства // Ртуть. Комплексная система безопасности. — СПб., 1999. — С. 14–118.
10. Межеловский Н.В., Смыслов А.А. Недра России. Т. 1. — СПб., 2001. — С. 246–253.
11. АО «ВНИИзарубежгеология», «Запасы и добыча важнейших видов минерального сырья мира», М., 2002. — 23 с.

Брюхань А.Ф.

Московский государственный
строительный университет (МГСУ)

Черемикина Е.А.

ЗАО «Центр энергетических проектов»
(ЗАО «ЦЭП»), г. Москва

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПИКОВЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

Проведена оценка экологичности проекта размещения мобильных пиковых газотурбинных электростанций (МПГТЭС) в г. Пушкино (Московская область) и в пос. Рублево (г. Москва). Количественный и качественный анализ воздействий МПГТЭС на природную среду позволил разработать соответствующие технические решения по защите окружающей среды.

Bryukhan A.F.

Moscow State University of civil Engineering

Cheremikina E.A.

*Closed Joint-Stock Company
«Center of Energy Projects», Moscow*

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PROJECT OF MOBILE PEAK GAS-TURBINE POWER STATIONS SITING IN MOSCOW REGION

An environmental assessment of the project of Mobile Peak Gas-Turbine Power Stations (MPGTPS) siting in Pushkino (Moscow district) and in village Rublyovo (Moscow city) has been carried out. The quantitative and qualitative analysis of the MPGTES impact on the natural environment allowed to develop appropriate engineering solutions for the environmental protection.

Введение

Потребление электрической энергии в России в последние годы резко возрастает. Одним из лидеров такого роста является Московский регион. Так, прирост электроэнергии только за 2006 г. составил в регионе около 8 %. Поэтому в настоящее время в регионе наблюдается серьезный дефицит электроэнергии при практически полном отсутствии резервных электрических мощностей. Особенно остро энергодефицит проявляется в зимний период при низких температурах воздуха, что чревато аварийными отключениями мощностей, подаваемых потребителям. В ближайшие два года программой развития энергетики Московского региона предусмотрен ввод новых генерирующих мощностей. До этого момента единственным выходом из кризисной ситуации является установка временных мобильных электростанций, работающих в период пиковых нагрузок. Подобные станции уже эксплуатируются в более чем 40 странах, а их общее число исчисляется тысячами [1].

С учетом указанных обстоятельств ОАО «Мобильные ГТЭС» (дочерняя компания РАО «ЕЭС России») планирует установку 5 мобильных пиковых газотурбинных электростанций (МПГТЭС) на наиболее перегруженных направлениях электрических сетей Москвы и Московской области, которые будут работать в течение бли-

жайших двух лет. Установка МПГТЭС на территории Московского региона предусмотрена инвестиционной программой РАО «ЕЭС России», а также Соглашением между РАО «ЕЭС России» и правительством г. Москвы от 25 мая 2006 г. и Соглашением между РАО «ЕЭС России» и правительством Московской области от 20 ноября 2006 г.

Выработка мощностей на этих станциях будет производиться в часы пиковых нагрузок в холодный период года при общей годовой продолжительности их работы не более 150 часов. В настоящее время одна из таких станций на базе двух энергоблоков пущена в эксплуатацию в дер. Солослово Одинцовского района Московской области. Согласно инвестиционной программе РАО «ЕЭС России», по мере ввода новых стационарных мощностей мобильные электростанции будут перемещаться в другие энергодефицитные регионы.

1. Общая характеристика проекта размещения МПГТЭС

Разработка проекта временного размещения двух МПГТЭС (в г. Пушкино Московской области и в пос. Рублево Кунцевского района г. Москвы) выполнялась ЗАО «Центр энергетических проектов» по договору с ОАО «Мобильные ГТЭС». Варианты площадок размещения МПГТЭС ограничены рядом условий, и в первую очередь требованием наличия высоковольтных шин для подачи напряжения в электрические сети. Поэтому наиболее оптимальными местами установки МПГТЭС являются территории подстанций электрических сетей. Площадки МПГТЭС в г. Пушкино и в пос. Рублево выбраны соответственно на территориях подстанций № 239 и 110.

Для экологического обоснования проектных работ были предусмотрены соответствующие экологические исследования, основная цель которых заключалась в изучении геоэкологического состояния природной среды и разработке инженерных мероприятий, обеспечивающих предотвращение или смягчение воздействия проектируемых МГТЭС на окружающую среду и связанных с ним социальных, экономических и иных последствий. Конечная цель этих исследований – получение материалов по оценке воздействия объектов на окружающую среду (ОВОС) и разработка раздела проекта «Охрана окружающей среды» (ООС).

Энергоблок МПГТЭС состоит из промышленной газотурбинной установки (ГТУ), включающей газогенератор с силовой турбиной, электрогенератор и вспомогательные системы. Напряжение на выходе ГТУ составляет 10,5 кВ, номинальная мощность – 25,5 МВА, частота – 50 Гц. Блок управления включает электроблок и элементы автоматизированной системы управления технологическим процессом. ГТУ, производимая компанией «Pratt & Whitney Power Systems», сконструирована на базе авиационного газотурбинного двигателя FT8. В качестве топлива используется очищенный авиационный керосин с пониженным содержанием смол и серы. Для подавления выбросов оксидов азота в ГТУ предусмотрен впрыск частично обессоленной (осмированной) воды. Источником воды для впрыска является водопроводная вода. Охлаждение турбины ГТУ – воздушное. Выброс дымовых газов происходит из дымовой трубы высотой 10,3 м. На каждой площадке устанавливается 3 энергоблока.

В составе исследований по экологическому обоснованию проекта были выполнены:

- сбор и анализ опубликованных и фондовых материалов о состоянии природной среды в районе площадок МПГТЭС;
- выполнение инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий;

- отбор проб почв и лабораторные исследования их химического загрязнения;
- обработка данных о состоянии природной среды и определение расчетных характеристик загрязнения атмосферного воздуха и шумовых полей;
- разработка мероприятий по инженерной защите окружающей среды и населения от воздействия МПГТЭС.

Изыскательские работы выполнялись в соответствии с требованиями СНиП 11-02-96 [2]. Для выполнения полевых и лабораторных исследований привлекались ГУ «Московский ЦГМС-Р» Росгидромета, ООО «Инжгеотранс», ООО «ИПК Стройкорпорация» и другие специализированные организации. При выполнении комплексных экологических исследований установлены основные источники загрязнения природной среды в районе размещения МПГТЭС, выявлены особенности климатических условий, режима поверхностных вод, состояния почвенного покрова, растительного и животного мира, дан анализ хозяйственного использования территории, социальной сферы и демографической характеристики, объектов историко-культурного наследия, особо охраняемых природных территорий.

2. Результаты

Загрязнение атмосферного воздуха

На основе климатических данных температуры и ветра, а также фоновых значений концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере с использованием методики ОНД-86 [3] были рассчитаны поля максимальных разовых концентраций ЗВ как в период строительства, так и в период эксплуатации МПГТЭС. Было установлено, что загрязнение атмосферного воздуха в период строительства от работы дорожно-строительной техники и автотранспорта, проведения окрасочных и сварочных работ незначительны. Результаты расчета максимальных концентраций ЗВ в период эксплуатации МПГТЭС (работы МПГТЭС и заправки топливных резервуаров керосином) показали, что превышения предельно допустимых концентраций по всей группе выбрасываемых ЗВ не ожидается.

Этот вывод еще более убедителен, если учесть то обстоятельство, что использование методики ОНД-86 дает консервативную (занявшую) оценку концентраций ЗВ. Результаты расчета подтверждаются данными натурных измерений разовых концентраций ЗВ, проведенных в июне 2007 г. на объекте-аналоге – МПГТЭС «Дарьино» (Одинцовский район Московской области). Измерения показали, что концентрации ЗВ незначительны по сравнению с соответствующими предельно допустимыми концентрациями. Таким образом, результаты расчетов показывают, а результаты натурных измерений подтверждают, что максимальные приземные концентрации ЗВ, создаваемые источниками выбросов – выхлопными трубами ГТУ, в жилой зоне не превышают предельно допустимых концентраций.

То обстоятельство, что при работе МПГТЭС не происходит превышения предельно допустимых значений концентраций ЗВ, позволяет величину их эмиссии принять за основу для расчета нормативов предельно допустимых выбросов.

Воздействие на поверхностные и подземные воды

Количество бытовых стоков, образующихся в процессе строительства, принимается равным объему водопотребления и составляет приблизительно 1 м³ на весь период строительства. Производственные стоки при строительстве не образуются. Воздействие на поверхностные и подземные воды на стадии строительства носит кратковременный характер, оно оценено как незначительное и не требует уточненной количественной оценки.

В период эксплуатации образуются следующие основные виды сточных вод:

- стоки с повышенным солесодержанием от водоподготовки;
- нефтесодержащие стоки;
- ливневые стоки.

Для водоподготовки (обеспечения объекта обессоленной водой требуемого качества в период его эксплуатации) предусмотрена обессоливающая установка, работающая на принципе обратного осмоса. Вода из водопровода прокачивается последовательно через механический и угольный фильтры, затем поступает на фильтр тонкой очистки, перед которым вода подвергается бактерицидной обработке и обработке антискалантом. После этого она подается насосами высокого давления на модуль обратного осмоса, в котором солесодержание обрабатываемой воды снижается на 97–98 %. Рассол из модуля обратного осмоса без дополнительной обработки отводится на сброс в дренажный бак, а затем вывозится с территории площадки и утилизируется.

Нефтесодержащие стоки образуются от аварийных проливов топлива, а также от промывки топливных резервуаров. Стоки собираются в дренажный резервуар и периодически вывозятся для очистки и утилизации.

Для предотвращения загрязнения речных бассейнов от дождевых и талых вод проектом предусмотрена организация рельефа, при котором общий уклон площадок выполнен в стороны, противоположные от рек и ручьев, протекающих вблизи территории размещения МПГТЭС. Уклон территорий площадок МПГТЭС выполнен таким образом, что ливневые воды будут стекать в центральную часть площадок, в которых расположены дренажные канавы. Последние представляют собой рвы глубиной 0,5 м и длиной 65 м, выложенные гигроскопичным материалом и заполненные щебнем для отстоя и фильтрации ливневых стоков.

Таким образом, технология проведения строительных работ и эксплуатации МПГТЭС не оказывает существенного влияния на состояние поверхностных и подземных вод.

Отходы

В период строительства и эксплуатации объекта образуются отходы 1–5 классов опасности.

Производство строительных работ включает разработку котлована, засыпку и нивелировку площадки, дренирование поверхности площадки, технический и биологический этап рекультивации. При этом возникает нарушение плодородного слоя почвы, изменение рельефа площадки и поверхностного стока ливневых вод. Расчеты по площадкам МПГТЭС «Пушкино» и «Рублево» показали, что общий баланс грунта при проведении планировочных работ, его выемке и засыпке сохраняется и поэтому нет необходимости его вывоза с территории площадки. Для сохранения плодородного слоя почвы предусматривается его снятие и складирование перед проведением земляных работ, а по завершении этих работ – его засыпка на участки, свободные от объектов строительства и внутренних проездов с восстановлением травяного покрова. На территории, свободной от дорожных и технологических покрытий, производится засыпка щебня толщиной 0,1 м, а также устройство газонов с посевом трав.

Всего за период строительства производится 11 т отходов. Ежегодное образование отходов в период эксплуатации составляет около 23 т, из которых свыше 90% – смет с территории площадки.

Отходы в период эксплуатации объекта включают отходы производства (от-

работанное турбинное масло, отработанное трансформаторное масло, замасленная обтирочная ветошь) и отходы административно-хозяйственной деятельности (смет с территории, твердые бытовые отходы, отработанные люминесцентные лампы).

Регламентом эксплуатации объектов предусматривается режим временного хранения отходов на площадках и сроки их вывоза. При соблюдении регламента обращения с отходами они не могут оказать отрицательного влияния на окружающую природную среду.

Шумовое воздействие

Газотурбинная энергетическая установка без системы шумовой защиты является потенциальным источником шума высокой интенсивности. Поэтому используемые ГТУ оснащены эффективной системой шумоглушения. Они смонтированы в шумопоглощающем укрытии и оборудованы системой шумогашения с глушителями шума всаса и выхлопа. Укрытие представляет собой звукоизолирующий контейнер.

Для оценки шумового воздействия, создаваемого МПГТЭС на границах близлежащих жилых застроек, были учтены проектные конфигурации размещения ГТУ на площадках МПГТЭС. Расчеты звуковых полей проводились в соответствии с требованиями СНиП 23-03-2003 [4]. Согласно расчетам максимальный расчетный эквивалентный уровень шума на границе жилой застройки, возникающего от работы МПГТЭС, составляет 40 дБА для г. Пушкино и 44 дБА для пос. Рублево и не превышает допустимого нормативного уровня для территории жилой застройки.

Мероприятия по предотвращению аварийных разливов топлива и масла

Проектом предусмотрен ряд инженерных решений по предотвращению последствий аварийных разливов топлива и масла при эксплуатации МПГТЭС.

Каждая МПГТЭС оснащена емкостями для хранения топлива, представляющими собой надземные цилиндрические стальные горизонтальные резервуары емкостью 100 м³. Для предотвращения аварийных разливов из резервуаров вокруг каждого из них предусмотрена ограждающая стена.

Для заливки топлива из топливозаправщиков предусмотрена площадка для автоцистерны (заливочный островок), предназначенная для стоянки автоцистерны во время перекачки топлива. Площадка имеет бордюры для предотвращения распространения аварийных разливов. В случае аварийных проливов топлива с площадок для автоцистерн и проливов с площадок хранения топлива для его сбора предназначены подземные дренажные резервуары емкостью 25 м³.

В целях предотвращения растекания масла площадки под передвижные подстанции 10/110 кВ энергоблоков МПГТЭС оснащены обортовой высотой 300 мм. Для отвода масла предусмотрены маслоприемники размерами 1000 × 1000 мм. Отвод масла от маслоприемников выведен в подземные дренажные емкости объемом 12,5 м³ за пределами площадок с последующим отводом в существующие на базовых подстанциях системы слива масла.

Заключение

Проведенная экологическая оценка проекта размещения МПГТЭС позволила получить следующие результаты и выводы.

1. Проведен анализ природных условий площадок размещения МПГТЭС «Пушкино» и «Рублево».

2. Выполненные расчеты полей концентраций ЗВ в атмосфере и звуковых полей позволили установить, что технические характеристики МПГТЭС обеспечивают уровень загрязнения атмосферы и шума в нормативных пределах.

3. Предложен ряд инженерных решений по охране окружающей среды и природоохранных мероприятий, касающихся защиты водного бассейна и почвенного покрова, противошумовой защиты, благоустройства территории, рационального обращения с отходами.

4. Установлено, что по комплексу показателей природных условий с учетом технологии строительства и эксплуатации МПГТЭС их размещение на площадках в г. Пушкино и пос. Рублево не окажет существенного влияния на экологическое состояние ближлежащих территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полушкин Р.В. Мобильная помощь умещается в грузовике // Энергия России, 2006, № 28 (239). – С. 2.
2. Строительные нормы и правила. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения // М.: Минстрой России, 1997. – 44 с.
3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. М.: Госкомгидромет, 1987. – 93 с.
4. Строительные нормы и правила. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. СПб.: ДЕАН. 2004. – 74 с.

Волгин Д.А.
Московский государственный
областной университет (МГОУ)

ПОЧВЕННЫЕ РАЙОНЫ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье с учетом анализа литературных источников по почвенному районированию, проведенных ранее, и новых исследований (морфологических признаков почв, химического анализа основных почвенных разновидностей) уточнены границы почвенных районов Московской области.

Volgin D.A.
Moscow State Regional University (MSRU)

SOIL AREAS OF THE MOSCOW REGION

In article borders of soil areas of the Moscow region are specified on the basis of the analysis of references on soil division into districts and new researches (morphological attributes soil, the chemical analysis of the basic soil versions).

Московская область, располагается в центре Русской равнины между 55–57° северной широты и 35–40° восточной долготы, охватывает 47 тыс. кв. км. крупных и существенно различных природных территорий, а сама Москва, расположенная в центре области, находится на стыке трех из них.

«Летописи» торфяно-болотных почв, свойства наносов, формы рельефа водоразделов и речных долин, свойства почв показывают, что почвенный покров Московской области пережил несколько этапов, прежде чем сформировался в современном виде. Восстановление последовательных этапов почвообразования затрудняет длительный период земледелия и других форм воздействия человека на почвенный покров, сгладивших различия между почвами и почвенными районами.

Центр Русской платформы, где расположена Московская область, сложен мощной толщей осадочных пород, залегающих на кристалическом докембрийском фундаменте со сложным рельефом. Область расположена в южной части крупного прогиба кристаллического фундамента – московской синеклизы с мощными в 2–3 км толщами осадочных пород. С мелового периода, когда море окончательно покинуло пределы Русской платформы, сильно изменился характер строения поверхности. Верхнемеловые отложения, венчающие осадочную толщу, сохранились только на древних водораздельных (Клинско-Дмитровская гряда, Теплостанская возвышенность) и в понижениях доюрского рельефа. На больших площадях обнаружились известняки карбона. Произошло значительное расчленение территории, особенно резкое в окраинных частях возвышенности. Коренные породы обычно перекрыты толщей четвертичных наносов.

Наиболее крупные события четвертичного периода произошли в эпоху оледенения, резко изменившая весь облик территории. Мощный ледяной покров Днепровского оледенения покрыли всю территорию области и значительно переработали рельеф, а при таянии льдов покрыли ее толщей моренных отложений. Мощность днепровской морены на территории области очень неоднородна и колеблется от 5 до 20 м. Днепровская морена обычно перекрыта наносами последующего Московского оледенения или отложениями водноледниковых потоков. Обводнение приледниковой зоны в период таяния ледников было так велико, что низины превратились

в крупные озера или мощные флювиальные потоки, оставившие после себя мощную толщу песчаных наносов (Верхне-Волжская и Мещерская низменности). Широкие, не имеющие русла потоки талых вод покрыли обширные равнинные пространства. Воды постепенно стекали в мелководные низины, оставляя после себя толщу осевшей взвеси, покрывшей морену суглинистыми и песчаными отложениями, являющимися зачастую почвообразующими породами.

Масштабные климатические изменения за 10–12 тысяч лет послеледникового периода существенно изменили ландшафты области. В приледниковой зоне существовали специфические растительные сообщества арктических и горноальпийских видов, а также степных холодостойких ксерофитов. Позднее появились хвойные леса, сменившиеся в среднем голоцене (2,5–7 тысяч лет назад) широколиственными, а к настоящему времени в большинстве своем уступившими место сосновым, еловым и березовым лесам, обычно в смешанном виде с различными сочетаниями.

Геологическая история определила к настоящему времени своеобразное расположение почвообразующих пород. Наиболее распространенной почвообразующей породой на территории Московской области являются покровные суглинки, которые доминируют на Клинско-Дмитровской гряде, Москворецко-Окской равнине и в Заочье. Они имеют палево-бурую окраску с преобладанием пылевой гранулометрической фракции. Покровные суглинки эрозионно неустойчивы и на территориях их расположения сильно развита овражная и овражно-балочная сеть. В области встречаются красно-бурые и темно-серые тяжело- и среднесуглинистые морены. Флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески составляют основной фон почвообразующих пород на Верхне-Волжской низине и Мещерской низменности, а также встречаются на террасах Оки и отдельных участках водоразделов. В поймах рек почвы формируются на современных аллювиальных наносах, особенно часто в прирусловые частях пойм.

Смоленско-Московская возвышенность сложна в геоморфологическом отношении и включает сильно расчлененную моренную возвышенную равнину на северо-западе, центральную часть водораздела рек Москвы и Волги со спокойным эрозионно-ложбинным рельефом и придолинные склоны с эрозионным рельефом. Хотя почвообразующие покровные суглинки однородны, различия в рельефе и водном питании обусловили большое разнообразие почв от дерново-, средне- и сильноподзолистых до гидроморфных разновидностей в понижениях, с одной стороны, и эродированные – на склонах, с другой. Значительные площади занимают зандровые и озерно-ледниковые песчаные равнины – современные долины рек Москвы, Рузы и других долин более мелких рек. В пределах крупнохолмистой моренной равнины много смытых почв, а плакоры и пологие склоны, как правило, имеют западно-ложбинный микрорельеф и большую пестроту почв по увлажнению и эродированности. Почвенный покров, включающий сильнооподзоленные, глеевые и эродированные почвы, требует особого подхода при окультуривании пашен, которые занимают здесь 5320 квадратных километров (в настоящее время часть пашен в залежи). Высокий бонитет пашни свидетельствует о том, что в условиях окультуривания все рассматриваемые почвы можно перевести в разряд высокоплодородных.

Окско-Москворецкое междуречье составляет 2140 квадратных километров пашни, характеризуется более плодородными дерново-, средне- и слабоподзолистыми, средне- и тяжелосуглинистыми почвами, среди которых имеют место светло-серые лесные и дерново-подзолистые глеевые почвы. Бонитет пашни довольно высок.

Четверть пахотных земель Московской области представляют легкие почвы полесья Верхне-Волжской и Мещерской низменности. Освоены преимущественно холмисто-гривистые и холмисто-увалистые равнинные площади с супесчаными (75%) и песчаными (25%) дерновоподзолистыми почвами. На Егорьевском плато и Шошинско-Ламской низменности есть среди пашен значительная доля наиболее плодородных дерновоподзолистых легкосуглинистых почв на покровных лессовых отложениях. Все эти почвы очень неустойчивы в противоэрозионным отношении.

Московская область находится в центре физико-географической страны – Русской равнине. Большая ее часть лежит в лесной зоне и лишь самая ее южная кромка выходит за пределы лесной зоны и представляет северную окраину лесостепей.

На территории области выделяется 6 почвенных округов, соответствующих 6-ти физико-географическим провинциям: «Верхневолжская, Смоленско-Московская, Москворецко-Окская, Мещерская, Среднерусская широколиственных лесов, Средне-русская лесостепная». Почвенные округа в почвенном и почвенно-географическом районировании частично различаются по порядку расположения и названиям. Подобное почвенное районирование дано и в атласе Московской области [5].

Проведенная сотрудниками Почвенного института им. В.В. Докучаева изучение почвенного покрова Московской области и выполненная на этой основе Л.П. Ильиной районирование позволило выделить на территории области 24 типа почвенных районов [3].

На основе вышеприведенного почвенного районирования [3] также сотрудниками почвенного института Д.С. Булгаковым, И.И. Кармановым, Л.А. Кармановой и Ю.А. Славным было предложено ландшафтно-сельскохозяйственное районирование Московской области [6].

При проведении сотрудниками МГУ им. М.В. Ломоносова физико-географического районирования Нечерноземного центра, на территории Московской области было выделено 17 районов, существенно отличающихся по всем физико-географическим характеристикам и в том числе по почвенному покрову [1].

На протяжении многих лет в МГОУ под руководством профессора Н.П. Матвеева проводятся исследования по геоморфологическому и природному районированию Московской области, учитывающее и почвенные районы. Согласно геоморфологическому районированию на территории области выявляется 19 районов [7].

В атласе Московской области выделено 17 геоморфологических районов, которые хорошо согласуются с почвенной картой и почвенными районами, представленными там же [5].

Сопоставление приведенных выше схем почвенного и природного районирования показывает, что принципиальных различий между ними нет. Практически идентичны: почвенное районирование Почвенного института, ландшафтно-сельскохозяйственное и физико-географическом районирование МГУ, геоморфологическое районирование по атласу Московской области. Следует заметить и то, что все схемы районирования (кроме Почвенного института) выполнены довольно давно и цель нашего исследования заключается в том, чтобы обобщив предыдущие работы и проведя дополнительные исследования уточнить границы почвенных районов.

Для выполнения поставленной цели нами и под нашим руководством студентами очного и заочного отделений географического факультета МГОУ в рамках выполнения дипломных работ и полевой практики по дисциплине «География почв с основами почвоведения» в течении 1999–2006 годов были проведены исследования морфологических признаков почв на 177 разрезах. Кроме того, проведен валовой

химический анализ 19 основных почвенных разновидностей Московской области, включая все их генетические горизонты. С учетом анализа литературных источников по почвенному районированию предыдущих авторов и наших исследований были уточнены границы почвенных районов Московской области. Границы этих районов проводились с учетом почвенной карты Московской области [6]. Главные уточнения относятся к разделению дерново-слабоподзолистых и дерново-среднеподзолистых почв, так как на карте [8] они объединены в один выдел, хотя имеют между собой принципиальные различия. В морфологическом отношении различия определяются тем, что дерново-среднеподзолистые почвы имеют четко выраженный элювиальный (белесоватый) горизонт A_2 , а дерново-слабоподзолистые почвы его по существу не имеют. В дерново-слабоподзолистых почвах элювиальный процесс выражен слабо и в морфологическом отношении представлен лишь отдельными разорванными белесоватыми пятнами или едва заметными осветлениями в нижней части гумусово-аккумулятивного горизонта A_1 .

Проведенное нами почвенное районирование практически идентично ландшафтно-сельскохозяйственному, физико-географическому и геоморфологическому районированию, за исключением двух случаев. Согласно физико-географическому и геоморфологическому районированию, по атласу Московской области, Западная Мещера делится на два района: Приклязьменская левобережная и Подмосковная. В почвенном отношении, как показывают наши исследования и исследования Почвенного института, существенных различий между двумя этими районами нет и поэтому мы выделяем здесь один район – Западно-Мещерский.

Согласно ландшафтно-сельскохозяйственному районированию Заокский округ делится на два района: Каширский и Зарайский. В почвенном отношении, как показали наши исследования, нет оснований разделять этот округ и мы выделяем там лишь один район – Окско-Осетринский. По физико-географическому, геоморфологическому и природному районированию на этой территории также выделяется лишь один район.

Таким образом, мы выделяем на территории Московской области 16 почвенных районов, расположенных в 6 почвенных округах, границы трех из которых сходятся в центре г. Москвы (рис. 1).

1. Верхневолжский низменный округ дерново-подзолистых, дерново-подзолистого глеевых и болотно-низинных, торфяно-глеевых супесчаных почв на мало мощных флювиогляциальных отложениях, подстилаемых мореной.

1. Лотошинский ступенчато-равнинный район дерново-слабо и сильно подзолистых, дерново-подзолистых слабоглеевых, дерново-подзолистых смытых, торфяно-подзолисто оглеенных суглинистых почв на лессовых суглинках, подстилаемых мореной.

2. Приволжский занdroво-моренный низменный район болотных низинных торфяно-глеевых и дерново-подзолистых глеевых супесчаных почв на водно-ледниковых и флювиогляциальных песчаных отложениях, подстилаемых мореной.

3. Придубненский низинный древнеложбинный район болотных низинных торфяно-глеевых, торфяно-подзолистых оглеенных и подзолистых почв на водно-ледниковых песках и супесях, залегающих на морене.

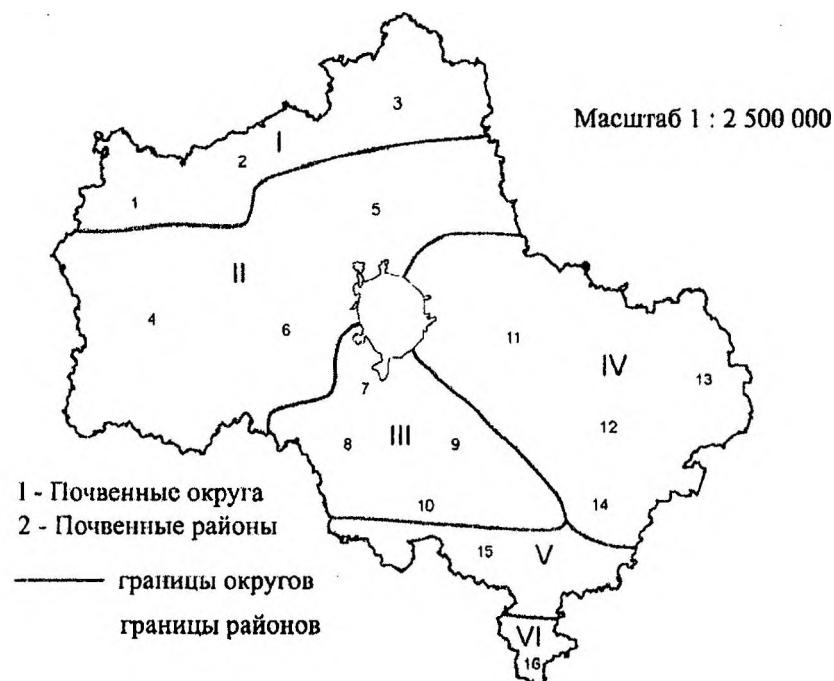


Рис. 1 Почвенные округа и районы Московской области

II. Смоленско-Московский возвышенный округ дерново-подзолистых, дерново-подзолистых смытых и дерново-подзолистых глеевых суглинистых почв на покровных суглинках, подстилаемых мореной.

4. Можайский возвышенно-мореный район дерново-, средне- и силноподзолистых, дерново-подзолистых смытых средне - и тяжелосуглинистых почв на покровных суглинках, подстилаемых мореной.

5. Клинско-Дмитровско-Сергиевский возвышенный моренно-эрэзионный район дерново-среднеподзолистых, дерново-подзолистых смытых, тяжело- и среднесуглинистых почв на покровных суглинках, подстилаемых мореной.

6. Наро-Истринский возвышенно-равнинный моренно-эрэзионный район дерново-, средне- и сильно подзолистых, дерново-подзолистых глеевых, пойменных дерново-аллювиальных и дерново-глеевых тяжелосуглинистых почв на покровных суглинках, подстилаемых мореной.

III. Москворецко-Окский равнинный округ дерново-подзолистых и светлосерых лесных тяжелосуглинистых почв на слабокарбонатном покровных отложениях подстилаемых карбоновыми извястняками и юрскими глинами.

7. Пахтинско-Москворецкий равнинный район с Теплостанской возвышенностью дерново-среднеподзолистых, дерново-подзолистых глеевых, дерново-подзолистых смытых суглинистых и супесчанных почв на покровных и делювиальных суглинках и супесях.

8. Пахтинско-Нарский равнинный район дерново-, средне - и слабоподзолистых, пойменных дерново-аллювиальных тяжелосуглинистых почв на покровных суглинках.

9. Подольско-Коломенский равнинный район дерново-, средне- и слабоподзолистых и светлосерых лесных тяжелосуглинистых почв на слабокарбонатных покровных суглинках.

10. Приокский песчанно-равнинный долинно-зандровый район дерново-слабоподзолистых сильно выщелоченных, дерново-подзолистых глеевых супесчанных

и песчаных почв на древнеаллювиальных песках и супесях.

IV. Мещерский низменный округ дерново-подзолистых глеевых, дерново-подзолистых, болотных и пойменных песчаных, супесчаных и суглинистых почв на древнеаллювиальных и флювиогляциальных отложениях, подстилаемых мореной.

11. Западно-Мещерский низменно-равнинный, дерново-подзолистых глеевых, дерново-, средне- и сильноподзолистых очень выщелоченных супесчаных почв, подзолов и болотных верховых и низинных торфяно-глеевых почв на древнеаллювиальных и флювиогляциальных песках, подстилаемых мореной.

12. Егорьевский возвышенно-моренный район дерново-подзолистых глеевых и дерново-среднеподзолистых суглинистых почв на моренных суглинках, дерново-сильноподзолистых супесчаных почвах на песках, подстилаемых мореной.

13. Центрально-Мещерский низменно-озерный район дерново-подзолистых глеевых песчаных и болотных верховых и низинных торфяно-глеевых песчаных почв на песках, подстилаемых на небольшой глубине водоупорными моренными тяжелыми суглинками.

14. Приокско-Дединово-Луховицкий пойменный район дерново-аллювиальный, аллювиальных луговых, дерново-слабоподзолистых и дерново-подзолистых слабоглеевых супесчаных почв на аллювиальных отложениях.

V. Среднерусский возвышенно - равнинный округ серых лесных глинистых и суглинистых почв на лессовидных суглинках и лессах.

15. Окско-Осетринский возвышенно-равнинный район серых и темносерых лесных тяжелосуглинистых почв на безвалунных илово-пылеватых лессовидных тяжелых суглинках.

VI. Среднерусский лесостепной возвышенно-равнинный округ оподзоленных и выщелоченных глинистых и тяжелосуглинистых черноземов на лесовых суглинках и глинах.

16. Заосетринский возвышенно-равнинный район оподзоленных и выщелоченных тяжелосуглинистых черноземов на лесовых суглинках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-географическое районирование Нечерноземного центра / Под. ред. Н.А. Гваздецкого и В.К. Жучковой. – М.: МГУ, 1963. – 45 с.
2. Экология Подмосковья Энциклопедическое пособие. М.: Современные тетради, 2001. – 606 с.
3. Почвы Московской области и повышение их плодородия / Отв. ред. Л.И. Кораблев, М.С. Симакова. – М.: Московский рабочий, 1974. – 662 с.
4. Карта почвенно-географического районирования нечерноземной зоны РСФСР. Масштаб 1:1500000 / Гл. ред. Г.В. Добровольский. – М.: ГУГК, 1980.
5. Атлас Московской области . – М.: ГУГК, 1976. – 12 с.
6. Почвы Московской области и их использование. Коллектив авторов. В 2-х томах. Т. 1. – М.: Почвенный институт им. В.В.Докучаева, 2002. – 500 с.
7. Очерки экологии Подмосковья. – М.: МПУ, 1997. – 240 с.
8. Почвенная карта Московской области . Масштаб 1:300000 / Отв. ред. А.И. Саталкин. – М.: ГУГК, 1989.
9. Геоботаническая карта Нечерноземной зоны РСФСР. Масштаб 1:1500000 / Ред. Т.И. Исаченко и др. – М.: ГУГК, 1976.
10. Карта почвообразующих пород Европейской части СССР. Масштаб 1:4000000 / Автор. П.Н. Чижиков. – М.: ГУГК, 1969.

СОДЕРЖАНИЕ

Коничев А.С., Конин Д.Н., Селедкин А.Ю.	
Влияние хлорогранических соединений на протеолитическую активность в печени моллюсков <i>Viviparus Viviparus L.</i>	3
Ахмедова Ф.Р.	
Термофильные бактерии горячих источников Азербайджана	8
Васильев Н.В., Карташов С.Н.	
Реакции циклоприсоединения 1,3,4-оксациазолов	12
Гавриленко Е.В., Исаева Л.Г.	
Внеризосферно-ризосферные различия кислотности почв фоновых и нарушенных сосновых лесов Кольского полуострова	22
Матвеев Н.П.	
Речная система	29
В.В. Литвиненко, Л.Н. Литвиненко	
Температурные аналоги в летних периодах 1989–2007 годов поданным метеорологических наблюдений обсерватории имени В.А. Михельсона	49
Лукьянова Т.С., Зубов В.И., Матвеев Н.П., Чепалыга А.Л.	
О современной характеристике природы антропогенных территорий Мещеры	62
Сушкова И.В.	
К истории вопроса о рекультивации растительного покрова на выработанных торфяниках и землях, нарушенных открытой добычей полезных ископаемых	68
Косоножкин В.И., Дмитренко В.Н.	
Моделирование процессов эрозии мерзлых почв	73
Сакович О.В.	
Эколого-хозяйственное состояние территории юга Смоленской области (на примере Рославльского района)	77
Васин Д.В.	
Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове Ульяновской области	82
Лукьянова Т.С., Короткова С.В.	
К вопросу об экосистеме Балтийского моря	90
Лукьянова Т.С., Короткова С.В.	
Новые данные по геоэкологической характеристике бассейна Балтийского моря	97
Ведешкин В.А.	
Геоэкологические особенности освоения ртутных месторождений	104

Брюхань А.Ф., Черемкина Е.А.

Экологическая оценка проекта размещения мобильных пиковых газотурбинных
электростанций в Московском регионе 109

Волгин Д.А.

Почвенные районы Московской области 115

Для публикации научных работ в выпусках серий «Вестника МГОУ» принимаются статьи на русском языке. При этом публикуются научные материалы преимущественно докторантов, аспирантов, соискателей, преподавателей вузов, докторов и кандидатов наук.

Требования к оформлению статей

- документ MS Word (с расширением doc);
- файл в формате rtf;
- текстовый файл в DOS или Windows-кодировке (с расширением txt).

Файл должен содержать построчно:

на русском языке	НАЗВАНИЕ СТАТЬИ – прописными буквами Фамилия, имя, отчество (полностью) Полное наименование организации (в скобках – сокращенное), город (указывается, если не следует из названия организации) Аннотация (1 абзац до 400 символов) под заголовком Аннотация
на английском языке	НАЗВАНИЕ СТАТЬИ – прописными буквами Имя, фамилия (полностью) Полное наименование организации, город Аннотация (1 абзац до 400 символов) под заголовком Abstract
на русском языке	Объем статьи – от 15 000 до 40 000 символов, включая пробелы Список использованной литературы под заголовком Литература

Формат страницы – А4, книжная ориентация. Шрифт Arial, цвет шрифта черный, размер не менее 14 пунктов, междустрочный интервал – полуторный.

Форматирование текста:

- запрещены любые действия над текстом («красные строки», центрирование, отступы, переносы в словах и т.д.) кроме выделения слов полужирным, подчеркивания и использования маркированных и нумерованных (первого уровня) списков;
 - наличие рисунков, формул и таблиц допускается только в тех случаях, если описать процесс в текстовой форме невозможно. В этом случае каждый объект не должен превышать указанные размеры страницы, а шрифт в нем не менее 12 пунктов. Возможно использование только вертикальных таблиц и рисунков. Запрещены рисунки, имеющие заливые цветом области, все объекты должны быть черно-белыми без оттенков. **Все формулы** должны быть созданы с использованием компонента Microsoft Equation или в виде четких картинок;
 - запрещено уплотнение интервалов;
 - при нарушении требований объекты удаляются из статьи.
- Абзацы должны быть отделены друг от друга пустой строкой (дополнительным «Enter»).

Обращаем особое внимание на **точность библиографического оформления** произведений печати в «Примечаниях» (литература в конце текста), на **выверенность статей** в компьютерных наборах и **полное соответствие** файла на дискете и бумажного варианта!

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей, хотя с точки зрения научного содержания авторский вариант сохраняется. Статьи, не соответствующие указанным требованиям, решением редакционной коллегии серии не публикуются и не возвращаются (почтовой пересылкой).

В случае принятия статьи условия публикации оговариваются с ответственным редактором.

Ответственный редактор серии «**Естественные науки**» – заведующий кафедры общей физической географии и охраны природы, кандидат географических наук, профессор Матвеев Николай Петрович.

Адрес редколлегии серии «**Естественные науки**» «**Вестника МГОУ**»: г. Мытищи, ул. В. Волошиной, д. 24, МГОУ, комн. 413.

По вопросам публикации статей обращаться:

vest@mgou.ru или по тел.: 265-41-63 (Ирина Александровна Потапова).

ВЕСТНИК
*Московского государственного
областного университета*

Серия
«Естественные науки»

№ 2

Подписано в печать: 20.12.2007.
Формат бумаги 60x86 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «NewtonC».
Уч.-изд. л. 7. Усл. п. л. 7,75. Тираж 500 экз. Заказ № 2.

Издательство МГОУ
105005, г. Москва, ул. Радио, д. 10а.