

ЭКОЛОГИЯ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КУЛЬТУРНЫХ БИОГЕОФОИТОЦЕЗОВ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

**Э.Э. Темирсултанов, И.В. Васильева, Н.Е. Рязанова,
Н.Д. Хоменко, С.В. Рыков**

Экологический Центр
Общество восстановления и охраны природы г. Москвы
Новинский бульвар, 28/35, Москва, Россия, 121069

Зональные особенности формирования естественных лугов определяют эффективность удобрений. В степной зоне в условиях возможного засоления почв применение фосфорных и азотных удобрений ведет к снижению опасности засоления, резкому увеличению густоты травостоя и практически не оказывает отрицательного влияния на баланс азота. Удобрения обладают мелиорирующим эффектом. После снижения антропогенной нагрузки на фитоценозы происходит их медленное восстановление. Снова появляются редкие виды растений. В целом изменения ботанического состава при отсутствии кризисных явлений носит синусоидальный характер. Отмечается очень слабое материально-техническое обеспечение лугового хозяйства.

Эффективность удобрения естественных лугов определяется зональными особенностями их формирования. Так, в степной зоне в условиях опасности засоления и подщелачивания почв применение фосфорных и азотных удобрений (суперфосфата, аммиачной селитры, сульфата аммония) ведет к снижению опасности засоления, резкому увеличению густоты стояния травостоя и практически не оказывает отрицательного влияния на биологическую азотфиксацию, вернее, на баланс азота в системе «удобрение—почва—урожай». В данном случае удобрения обладают и мелиорирующим эффектом. Однако при внесении под укос более 60 кг/га минерального азота имеет место «расшатывание» органического комплекса почвы. В гумусе уменьшается соотношение $C : N$, а это ведет к вымыванию и денитрификации азота при паводках.

Таблица 1

Устойчивость многолетних трав к весеннему затоплению, в сутках

Травы	Температура воды при весеннем затоплении		Летнее затопление вегетирующих растений +17—22 °С	
	0—5 °С	5—10 °С	Без удобрений	N 66
Бекмания обыкновенная	90—112	31—46	6—10	3—5
Двукосточник тростниковый	60—65	21—25	5—8	3—5
Ежа сборная	10—16	4—8	2—3	1—3
Кострец безостый	45—68	20—30	5—8	2—4
Лисохвост луговой	60—65	27—32	6—10	3—5
Овсяница луговая	30—35	15—20	2—3	2—3
Полевица белая	43—48	20—24	5—6	3—4
Пырей ползучий	79—84	27—30	12—15	8—10
Райграс высокий	5—8	2—4	2—3	—
Тимофеевка луговая	39—47	15—22	4—5	2
Клевер луговой	22—34	11—16	1—2	—
Клевер гибридный	39—44	14—16	2—4	—
Клевер ползучий	39—42	10—16	1—3	—
Люцерна посевная	18—23	10—14	2	—
Люцерна желтая	25—35	Не опр.	—	—
Ледянец рогатый	25—38	Не опр.	—	—
Мышиный горошек	48—56	22—30	Не опр.	—

В условиях лесолуговой зоны даже при оптимальном соотношении N : P : K применение высоких доз удобрений, выпускаемых в нашей стране, как правило, в кислой форме, уже на третий год приводит к резкому увеличению в травостое щавеля конского, пырея ползучего, а на тяжелых почвах — щучки дернистой, при этом ежа сборная образует своеобразные кочки, между которыми нет растительности. Одновременно резко ухудшаются биологические и агрохимические свойства почвы, орошения и внесение высоких доз удобрений как бы ускоряет переход луга с молодой корневищевой и рыхлокустовой стадии к плотнокустовой. При этом из азотных удобрений предпочтительнее вносить нитратные формы в виде $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 , KNO_3 или $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; хуже действует NH_4NO_3 и еще хуже $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4Cl . Результаты 8-летнего опыта (7 лет учета), проведенного в Владимирской области на дерново-подзолистом суглинке, частично представлены в табл. 2. Они подтверждены 12-летним опытом в ГПЗ «Заря Подмосковья».

Таблица 2

Действие известкования и семилетнего применения удобрений на среднюю продуктивность травостоев и свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы

(Калужская обл., 1976—1982 гг., в числителе — без известки, в знаменателе — с известью, слой почвы 0—20 см)

Показатели	Естественный травостой				Травостой после коренного улучшения			
	O	PK	PKN1aa	PKN1a	O	PK	PKN1aa	PKN2a
Средний сбор сухого вещества, т/га (НСР05 — 0,162 и 0,12)	1,94 2,09	2,30 —	3,91 4,18	3,56 4,03	2,26 2,47	2,64 —	4,67 4,97	5,10 5,45
Подземная воздушно-сухая масса в слое 0—30 см, т/га	6,02 6,32	6,41 —	6,88 6,94	6,61 6,63	6,45 6,94	6,95 —	7,80 8,11	8,06 8,37
% массы в слое 0,30 см	76,7 75,0	78,6 —	82,6 82,4	86,0 84,4	52,2 63,6	63,9	65,9 65,6	70,6 69,4

Продолжение таблицы

Показатели	Естественный травостой				Травостой после коренного улучшения			
	О	PK	PKN1aa	PKN1a	О	PK	PKN1aa	PKN2a
Свойства почвы								
Недоокисленные вещества (01 н KN_nO_4 за сутки, мг экв/100 г) в 1982 г.	70,2 60,2	65,2 —	82,3 64,4	84,1 72,1	50,2 45,6	49,2 —	68,4 55,2	74,1 60,2
ОВ-потенциал	500 115	510 —	440 500	490 505	550 565	550 —	520 530	500 520
Количество микроорганизмов, тыс./г	2 500 2 850	2 750 —	2 800 2 950	2 450 2 800	2 850 3 010	2 990 —	3 400 3 590	2 810 3 105
Выделение CO_2 мкл/г.ч.	3,25 3,38	3,30 —	3,46 3,30	3,00 3,30	3,76 3,98	3,84 —	4,06 4,27	3,61 3,80
Поглощение O_2	3,60 4,09	3,75 —	3,26 3,90	2,75 3,18	4,42 4,96	4,69 —	4,10 4,74	3,34 3,79
$\text{CO}_2 : \text{O}_2$	0,90 0,83	3,75 —	1,06 0,92	1,09 1,04	0,85 0,80	0,80 —	0,99 0,90	1,08 1,00
Гумус, %	1,68 1,69	0,88 —	1,74 —	1,70 1,72	1,69 —	1,73 —	1,76 1,82	1,70 1,75
Нг мг.экв/100 г	1,14 0,87	1,00 —	1,41 1,21	1,68 1,32	1,ж13 0,85	0,98 —	1,34 1,14	1,60 1,35
pH	5,85 6,00	5,90 —	5,42 5,84	5,05 5,55	5,90 6,15	5,95 —	5,60 6,05	5,10 6,65
Динамика N, P, K, Ca, Mg приведена в работе PK – P90K120; N1aa – 85+34 в виде NH_4NO_3 ; N1a то же в виде $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ N2aa – 120 + 60; кг/га $\text{N}(\text{NH}_4\text{N}_2\text{O}_3)$								

В целом мы считаем, что высокая и стабильная урожайность затопляемых пойменных и низинных лугов обеспечивается не столько орошением, внесением удобрений и т.д., сколько рациональным использованием травостоя. Эти луга достаточно получают и влаги, и питательных веществ в виде стока с водоразделов и водосборов. Столетиями эти луга обеспечивали высокую урожайность без антропогенной подпитки продукционного процесса. Однако в настоящее время большая часть пойменных и низинных лугов из-за нерационального их использования требует для своего восстановления значительных затрат.

Длительные наблюдения за естественными угодьями показывали, что после снижения антропогенной нагрузки на фитоценозы происходит их демутация, восстановление полнотелности. Снова появляются редкие виды растений. В целом изменения ботанического состава при отсутствии кризисных явлений носит синусоидальный характер.

Нами предложена система мозаичного улучшения естественных сенокосов, которая особенно эффективна на поймах и на эрозионно-опасных участках. Кроме этого, нами предложена система борьбы с сорняками на лугах, которая заключается в том, что до их обсеменения проводится стравливание травостоя, после которого на оставшиеся ядовитые и сорные растения с помощью ленты-фитиля наносят гербицид (утал и раундап, 2,4Д-аминная соль). В этом случае расход пес-

тицида уменьшается с 2—7 кг/га до 0,1—0,2 кг/га. Такое устройство позволяет очень эффективно обрабатывать пестицидами междурядья любых сельскохозяйственных культур.

Кроме того, нами предложена система обогащения травостоев ценными дикорастущими видами. Она заключается в том, что улучшаемый травостой скашивается, проводится частичное разрушение дернины. Затем осуществляется подсев дикорастущих трав с последующим дискованием или боронованием тяжелой бороной. При этом для подсева применяется устройство, выполненное в виде сетчатого ребристого барабана с «бильным» грузом. В барабан помещаются выделенные растения дикорастущих видов. В барабане происходит обмолот последних, семена высеваются через отверстия в нем. Для усиления инвазии подсеваемых видов в фитоценоз, уменьшения конкурентоспособности старого травостоя после подсева скашивание производят в фазу кущения — выхода в трубку.

В целом следует отметить очень слабое материально-техническое обеспечение лугового хозяйства. Поэтому часто приходится в хозяйствах изготавливать приспособления для улучшения сенокосов и пастбищ. Нами предложены очень эффективные экологические безвредные средства не только по орошению, обработке почвы, но также по огораживанию загонов. Эти машины и устройства успешно применены в ГПЗ «Заря Подмосковья», учхоз «Дружба» ТСХА Ярославской области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Герчу Я.П., Хотов В.С. Обоснование экологически безвредных систем кормопроизводства в условиях мелких и крупных животноводческих ферм // Известия ТСХА. — 1994. — Вып. 2. — С. 5—25.
- [2] Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Темирсултанов Э.-П.Э. Оптимизация набора травосмесей с целью обеспечения стабильности производства кормов // М.: Доклады ТСХА, 1996. — Вып. 267. — С. 59—71.
- [3] Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Темирсултанов Э.-П.Э. и др. Разработка концепций (теории) стрессов и кризисных ситуаций в агроэкосистемах и методология применения ее в сельском хозяйстве // М.: ТСХА, МСХиП РФ. Утвержденный МСХиП РФ научный отчет. — 1997.
- [4] Филимонов Д.А. Азотные удобрения на сенокосах и пастбищах // М.: Агропромиздат, 1985. — С. 176.
- [5] Яблоков А.В., Остроумов С.А. Уровни охраны живой природы // М.: Наука, 1985. — С. 3—345.
- [6] Ягодин Б.А., Смирнов Л.М., Демин В.А. Оптимизация минерального питания растений при программировании урожаев // Известия ТСХА. — 1982. — № 1. — С. 59—67.
- [7] Андреев Н.Г., Загоскин М.Н., Кобозев И.В. Продуктивность многолетних трав в условиях Московской области при разных режимах орошения и удобрении // Известия ТСХА. — 1982. — Вып. 4. — С. 47—58.

**ECOLOGICAL INFORMATION DATABASE
«CULTURAL BIOGEOPHOITOCESIS PRODUCTION
INCREASE» FOR THE PURPOSE OF STABLE PRODUCTION
OF THE FEED IN THE NON-CHERNOZEM CONDITIONS
OF RUSSIAN FEDERATION**

**E.E. Temirsultanov, I.V. Vasilieva, N.E. Ryasanova,
N.D. Khomenko, S.V. Rykov**

Ecological center
Society of rehabilitation and nature protection of Moscow
Novinsky Boulevard, 28/35, Moscow, Russia, 121069

Effectiveness of the fertilizers is being defined by the zonal peculiarities of forming unhomogeneous meadows. Using phosphate and nitrogen fertilizers in a zone of steppe in a risk of salinity conditions leads to salinity risk decrease, sudden grass density increase and in fact has got no negative effect on nitrogen balance. Fertilizers have got a melioration effect. Slow renewal occurs after phytocenosis man-made load decrease. Rare plant species appear again. In the absence thereof crisis occurrences botanical mixture changes have got a sinusoidal character, as a whole. Very weak material and technical maintenance of the meadowry is being noted.

ПАРАМЕТРЫ МАЛОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА КАК ОСНОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Н.В. Попова

Российская международная академия туризма
ул. Октябрьская, 10, Сходня, Московская область, 141420

Описаны параметры малого биологического круговорота, которые использованы как основа для создания прогнозной модели функционирования экосистем. Построена картосхема зонально-региональных закономерностей распределения экосистем с различными типами функционирования.

В основу создания шкалы типов функционирования экосистем суши положены: расчетные данные Вперв/Воб и Кгд, величина подстилично-опадного коэффициента, скорость освобождения химических элементов, параметры экологических ниш по климатическим (теплообеспеченность, увлажнение, реакция среды) и биологическому (величина наземного опада) градиентам [1; 2; 3; 4]. Оценка произведена в баллах от 1 до 7, где наименьшему баллу соответствует минимальная стабильность, а наибольшему — максимальная (табл. 1).

Таблица 1.

Шкала оценки круговорота в основных географических ареалах по различным параметрам

Запасы подстилки, т/га	Интенсивность высвобождения химических веществ из органического вещества	Отношение первичной продукции к общей живой фитомассе (Вперв/В об) и Кгд	Скорость накопления разложения органического вещества	Параметры экологической ниши по:			
				величине наземного опада	температуре	коэффициент, увлажнения, Ку	pH
0,3	1	1	1	1	3	1	1
1,3	1	4	1	2	4	1	2
1,7	2	2	1	4	4	1	1
2,0	3	6	1	4	2	3	3
3,3	3	1	1	2	4	2	3
10	5	6	6	4	4	3	3
12	7	7	7	4	4	2	3
15	6	3	5	4	4	1	3
33	4	5	4	4	3	4	4
85	3	5	2	4	3	3	3
141	2	7	1	4	4	2	4

Ареал с мощностью напочвенного органогенного горизонта 0,3 т/га характеризуется низкой устойчивостью (1 балл), нарушаемой только в экологической нише, выделенной по температуре (третий тип ниши). В этом случае резистентная устойчивость объекта резко ослаблена, при изменении гидротермических

условий подстилка способна поддерживать свое состояние за счет проявления пластичности и, гораздо меньше, упругости. Ареал обладает повышенным запасом гомеостатичности по температурному градиенту, с потенциальной устойчивостью упруго-пластичного типа.

Ареал сухих степей (1,3 т/га) при низкой общей устойчивости отличается достаточно высокой сбалансированностью круговорота. Теплообеспеченность является тем фактором, относительно которого устойчивость подстилки можно рассматривать как высокоинерционную систему с элементами пластичности. В то время как по соотношению подстилка/величина наземного опада и рН среды ареал относится ко второму типу экологической ниши, когда основные состояния подстилки сосредоточены в узкой части экологического оптимума, а резистентная устойчивость — слабая.

В целом устойчивость ареала с запасами подстилки 1,6 т/га можно оценить как достаточно низкую, о чем свидетельствуют показатели малого биологического круговорота и интенсивности освобождения химических элементов. Однако она, как и в других экосистемах, имеет неоднозначный характер и оценивается спектром параметров, отражающим степень устойчивости подстилки к внешним воздействиям. Так, экологическая ниша по величине наземного опада и температурным условиям относится к четвертому типу ниш, что позволяет (относительно этих параметров) считать экосистему устойчивой с элементами пластичности, когда вышеперечисленные факторы могут варьировать в достаточно широких пределах, не причиняя «ущерба» устойчивости ареала.

Для влажных тропических лесов с мощностью напочвенного органогенного горизонта 1,9 т/га отмечается достаточно высокий уровень устойчивости, что обеспечивается, главным образом, за счет сбалансированности круговорота. Высокая скорость разложения органического вещества опада существенно снижает устойчивость экосистемы, т.к. подстилка подвержена быстрым изменениям: в течение максимально возможного на суше периода биологической активности мертвое органическое вещество не успевает накапливаться и не может служить буферной зоной экосистемы. Это подтверждает и тот факт, что варьирование величины опада не сказывается на устойчивости биогеоценоза, в то время как ниша по условиям увлажнения и рН среды подтверждает низкую резистентную устойчивость объекта при достаточно высокой пластичности.

Ареал арктических тундр с запасами подстилки 3,3 т/га формируется в суровых условиях низких температур, относительно которых экосистема принадлежит к четвертому типу ниш. Это указывает на высокую буферность и пластичность объекта по градиенту фактора, т.е. объект наиболее толерантен к изменениям температуры. Этого нельзя сказать о реакции среды, количеству наземных растительных остатков и условиях увлажнения. Экологические ниши по этим показателям характеризуют ареал как обладающий слабой резистентной устойчивостью с незначительным проявлением пластичности и еще меньше — упругости. Несбалансированность круговорота в экосистеме, низкий балл интенсивности освобождения химических веществ и величины подстильно-опадного коэффици-

ента подтверждает недостаточную устойчивость биогеоценоза к внешним воздействиям.

Существенно увеличивается устойчивость в растительных сообществах субтропических лесов с мощностью напочвенного органогенного горизонта 10 т/га. Значительная часть показателей (5 и 6 баллы устойчивости по круговороту и интенсивности освобождения химических элементов) определяют экосистему как обладающую высокой потенциальной устойчивостью. Структура экологической ниши третьего и четвертого типа характеризует высокую гомеостатичность и буферность, когда подстилка может варьировать своими структурными переменными без качественных преобразований в максимально возможном диапазоне градиций факторов (величина наземного опада, гидротермические условия, реакция среды). Устойчивость экосистемы нарушается только относительно интенсивности разложения мертвых растительных остатков (1 балл), которая отличается высокой скоростью и существенно снижает запасы подстилки в ареале и буферность системы в целом.

Лесостепные экосистемы с запасами степного войлока 12 т/га на фоне максимальных показателей устойчивости по сбалансированности малого биологического круговорота, интенсивности освобождения химических элементов из органического горизонта и скорости разложения органического вещества отнесены к четвертому типу температурной и биологической ниши, к третьему типу — по нише рН среды и второму — по условиям увлажнения. Условия увлажнения и реакция среды для ареала — те факторы, которые невозможно варьировать в широком диапазоне, т.к. это неизбежно выведет экосистему за пределы области гомеостазиса, поэтому ей необходимо перестраиваться только в пределах данного диапазона.

Ареал широколиственных лесов с мощностью напочвенного органогенного горизонта 15 т/га характеризуется высокой потенциальной устойчивостью, обусловленной тем, что интенсивность освобождения химических элементов и скорость разложения растительных остатков достаточно высоки. Подстилка экосистемы относится к четвертому типу биотической и температурной ниш, что подтверждает максимально возможную гомеостатичность. В то же время биогеоценоз относится к третьему типу ниши по реакции среды, что обуславливает потенциальную устойчивость упруго-пластичного типа, когда резистентная устойчивость подстилки резко ослаблена, однако при изменении внешних условий она способна поддерживать свое состояние за счет проявления пластичности. Минимальная устойчивость ареала отмечается по градиенту условий увлажнения, т.е. объект быстро выходит из состояния равновесия даже при незначительном изменении фактора.

Ареал хвойнотрапезных лесов (33 т/га) отличается высокой потенциальной устойчивостью по показателям сбалансированности малого биологического круговорота, интенсивности освобождения химических элементов. Несколько ниже балл устойчивости по скорости разложения мертвого органического вещества,

что объясняется сезонной деятельностью редуцентов на фоне небольшого периода биологической активности. Ареал относят к четвертому типу биотической (величина наземного опада) и климатической ниши (условия увлажнения и реакция среды), что обеспечивает максимальной возможный запас гомеостатичности. Несколько ниже этот показатель в температурной нише ареала, где резистентная устойчивость объекта снижается, зато увеличивается пластичность, и несколько меньше — упругость. В целом высоким уровнем потенциальной устойчивости характеризуется ареал кустарничковых тундр: высокий запас «прочности» отмечается по показателям малого биологического круговорота и его сбалансированности, значительно меньший — по интенсивности разложения наземного опада, что обусловлено, в первую очередь, климатическими условиями. Ареал можно отнести к четвертому типу экологической ниши относительно величины наземного опада (максимально возможная устойчивость и возможность варьирования градаций фактора).

Несмотря на то что ареал с мощностью напочвенного органогенного горизонта 141,4 т/га имеет интразональный характер, его устойчивость также возможно описать системой параметровоза. Относительно сбалансированности круговорота ареал обладает максимальной потенциальной устойчивостью, в то время как скорость высвобождения химических элементов и интенсивность процессов трансформации органического вещества носят сильно заторможенный характер, позволяющий накапливать значительные запасы подстилки, богатые химическими элементами. Объект относится к четвертому типу ниши по величине наземного опада, температуре и реакции среды, что подтверждает высокую потенциальную устойчивость и буферность системы в целом, с элементами пластичности. Подстилка ареала может варьировать своими переменными в максимально возможном диапазоне градаций, но за пределы области гомеостазиса объект вывести очень сложно. Совершенно иная ситуация складывается относительно условий увлажнения: второй тип ниши предусматривает возможность поддерживать свое состояние при изменениях коэффициента увлажнения за счет упругости вблизи экологического оптимума и в меньшей степени пластичности в диапазоне «размытых» ветвей ниши. По градиенту условий увлажнения на фоне высокой потенциальной устойчивости ареал характеризуется умеренной пластично-упругой устойчивостью.

Таким образом, максимальная стабильность функционирования круговорота отмечена для лесостепных экосистем, хвойнотаежных лесов и болот Западной Сибири, к северу и югу этот показатель снижается. На севере минимум наблюдается в арктических пустынях, на юге — в пустынных сообществах. В ареалах кустарничковых степей на севере, широколиственных и субтропических лесов на юге уровень устойчивости умеренный [1; 2; 3; 4].

Пользуясь шкалой параметров круговорота в основных географических ареалах, составлены наглядные графические схемы, показывающие особенности каждого ареала (рис. 1).

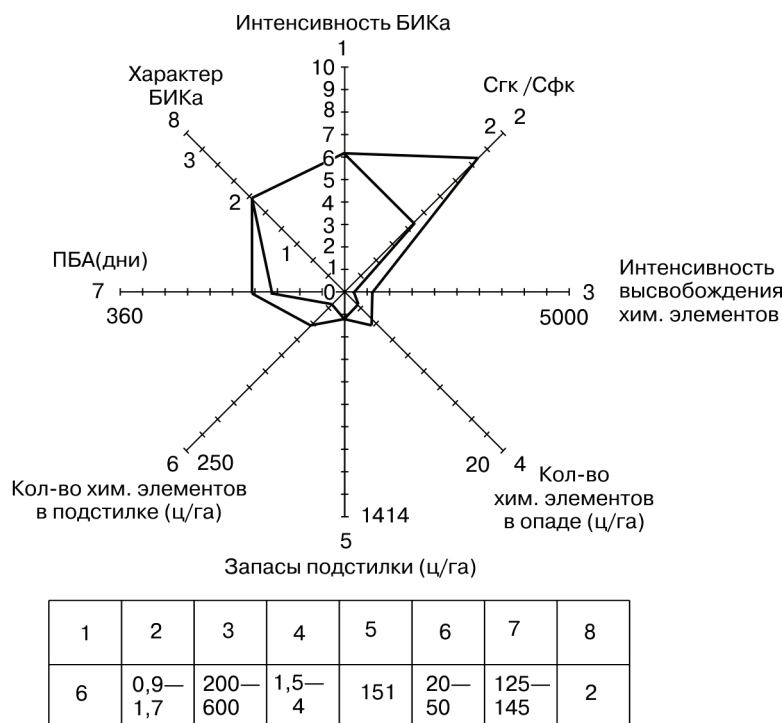


Рис. 1. Пиктограммы, отражающие параметры малого биологического круговорота и факторов среды в основных географических ареалах:

А — ареал с запасами подстилки 151 ц/га (широколиственные леса), 1 — интенсивность БИКа, 2 — соотношение Сгк/Сфк, 3 — интенсивность высвобождения химических элементов, 4 — количество химических элементов в опаде, ц/га, 5 — запасы подстилки, ц/га, 6 — количество химических элементов в подстилке, ц/га, 7 — ПБА, дни, 8 — характер БИКа. Количественные данные приведены в таблице по каждой пиктограммой

Классификация типов функционирования экосистем нуждается в существенной доработке за счет выяснения других диагностических признаков круговорота. Однако ясно, что она будет строиться на теоретической оценке параметров малого биологического круговорота в основных экосистемах суши.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Попова Н.В. Методика диагностики устойчивости экосистем суши по количественным и качественным параметрам органогенных горизонтов почв // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. — 2005. — № 10. — С. 38—42.
- [2] Попова Н.В. Диагностика устойчивости экосистем с помощью системы числовых показателей // Экономика природопользования. — 2006. — № 1. — С. 45—49.
- [3] Попова Н.В. Методика диагностики устойчивости экосистем по качественным и количественным параметрами органогенных горизонтов // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. — 2006. — № 10. — С. 85—88.
- [4] Попова Н.В. Методика определения экологических ниш ареалов с позиций их потенциальной устойчивости // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. — 2006. — № 10. — С. 77—81.

- [5] *Попова Н.В., Добродеев О.П.* Анализ ландшафтов суши по распределению запасов напочвенной подстилки в них // Тезисы докладов 6 Международной конференции «Математика. Компьютер. Образование». — 1999. — С. 89—90.

**PARAMETRES OF SMALL BIOLOGICAL CIRCULATION
WHICH ARE USED AS A BASIS FOR CREATION
OF LOOK-AHEAD MODEL OF FUNCTIONING
OF ECOSYSTEMS**

N.V. Popova

Faculty «Design of the architectural environment»
Russian the International Academy of Tourism
October str., 10, Shodnya, Moscow area, 141420

Parametres of small biological circulation which are used as a basis for creation of look-ahead model of functioning of ecosystems are described. It is constructed map zonalno-regional laws of distribution of ecosystems with various types of functioning.

ПОСТРОЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ЛОКОМОТОРНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ — ОДИН ИЗ ГЛАВНЫХ ВОПРОСОВ ЭКОЛОГИИ СПОРТА

В.Л. Ростовцев

Лаборатория профилактики заболеваний высококвалифицированных спортсменов
Всероссийский научно-исследовательский институт физической культуры и спорта
Елизаветинский пер., 10, Москва, Россия, 105005

В статье приводятся результаты исследования возможности построения эффективных локомоторных систем на основе применения дополнительных биологических обратных связей и технических средств.

В своей теории функциональных систем П.К. Анохин [1] сформулировал основные принципы функционирования физиологических систем, последовательность и иерархию построения отношений между уровнями и системами участников протекающих процессов. П.К. Анохин доказал, что человеческий организм представляет собой не простое объединение систем и органов, а интегративную систему, которая полностью подчинена выполнению той или иной задачи. Функциональные системы, по П.К. Анохину — это самоорганизующиеся и саморегулирующиеся динамические центрально-периферические организации, объединенные нервными и гуморальными регуляциями, все составные компоненты которых взаимодействуют, обеспечивая различными полезными для самих функциональных систем и для организма в целом адаптивными результатами, удовлетворяющими его различные потребности.

Двигательная система спортсмена может быть выделена в отдельную локомоторную функциональную систему (ЛФС). По своему устройству ЛФС принципиально не отличается от других — ее функционирование обеспечивается по тем же принципам. ЛФС состоит из отдельных функциональных звеньев, которые параллельно с другими звеньями объединены одним акцептором результата действия — той или иной двигательной задачей. Среди отдельных функциональных звеньев можно выделить главное функциональное, или, по определению И.П. Ратова [3] — лимитирующее звено. Это звено является консолидирующим «ключом», настраивающим организованные исходной доминирующей двигательной задачей отдельные элементы в динамическую, саморегулирующуюся и самонастраивающуюся функциональную систему. На это звено ложится основная ответственность мобилизации протекающих адаптивных процессов. Именно оно наиболее напряжено, в первую очередь подвержено утомлению, вследствие которого появляются профессиональные изменения и заболевания. Поэтому это звено нуждается не в повышении нагрузки, что часто происходит при бессистемном применении тренажеров, а в облегчении функционирования и обеспечении дополнительным ресурсом.

Если главному (в то же время — лимитирующему) функциональному звену обеспечить дополнительный двигательный ресурс, то это позволит вывести всю ЛФС на более высокий и сбалансированный (по теории П.К. Анохина) уровень функционирования, повысит эффективность релаксационных механизмов во время выполнения физических упражнений и, таким образом, уменьшит вероятность травм и заболеваний.

Методы, задачи и организация исследования. Всего в исследованиях принял участие 71 спортсмен. Из них 49 бегунов и многоборцев и 22 лыжника-гонщика. Все спортсмены — высокой квалификации (от 1-го разряда до мастеров спорта международного класса). Задачами экспериментов являлись: 1. Определение степени влияния биологических обратных связей (БОС) при беге и динамической электростимуляции (ДЭС) при передвижении на лыжах [4] на качество выполнения спортивных упражнений и 2. Выявление механизмов воздействия этих средств на организм спортсменов.

Первая серия экспериментов была посвящена изучению влияния БОС на структуру бегового шага. Было выявлено, что лимитирующими звеньями бегового шага являются не фаза отталкивания от опоры, как это можно было бы предположить заранее. Основным препятствием поддержания скорости бега было торможение, возникающее при постановке ноги на опору, и повышенные вертикальные колебания тела. Наиболее информативными параметрами, характеризующими эти явления, были отрицательное горизонтальное ускорение, возникающее в момент постановки ноги на опору (фаза амортизации) и положительная вертикальная составляющая ускорения при отталкивании.

Исследования проводились на тредбане «Квинтон», дополнительно оснащенного регистраторами продолжительности опорных и полетных фаз бега, частоты сердечных сокращений (ЧСС), газоанализатором и акселерометром (рис. 1). В качестве индикаторов для передачи спортсмену текущей информации были разработаны и изготовлены аналоговые световые вертикально расположенные устройства. Эксперименты были построены следующим образом. Спортсмен, следуя определенному алгоритму двигательных действий, наблюдал перед собой величины ускорений во время амортизации и отталкивания, времени опоры и полета, ЧСС в виде световых вертикальных столбиков. Перед ним стояла задача добиться уменьшения ЧСС на стандартной скорости бега (4 м/с) за счет уменьшения излишних ускорений.

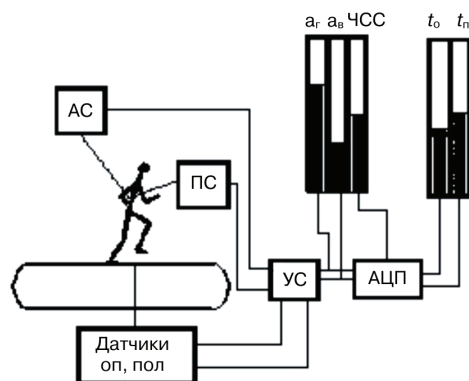


Рис. 1. Блок-схема тренажерно-исследовательского комплекса с дополнительными обратными связями

АС — акселерометр, ПС — пульсометр, оп — датчик опоры, пол — датчик полета, УС — усилитель, АЦП — аналого-цифровой преобразователь, аг — отрицательное горизонтальное ускорение, возникающее в момент постановки ноги на опору, ав — положительное вертикальное ускорение при отталкивании, ЧСС — частота сердечных сокращений, t_0 — время опоры, t_n — время полета

Ускорения тела в горизонтальной и вертикальной плоскостях регистрировались с помощью усилителя и датчика фирмы «Брюль и Кьер» с чувствительностью 20—30 мВ/г и погрешностью измерений 3% в диапазоне 0,3—10 000 Гц. Чувствительный элемент (датчик) был закреплен на специальном поясе, который одевался на спортсмена и располагался на поясице вблизи центра масс тела.

Каждый из испытуемых бежал несколькими вариантами бегового шага: естественным, с удлинённым и укороченным шагом, с уменьшением отрицательного горизонтального ускорения тела при постановке ноги на опору, с уменьшением положительного вертикального ускорения тела при отталкивании и расслаблении. Последовательность вариантов бега у каждого из бегунов была разной, чтобы при усреднённых расчетах избежать влияния других факторов (перекрестный эксперимент). У спортсменов в течение 30 минут работы и 10 минут восстановления одновременно регистрировались потребление кислорода (VO_2) и ЧСС.

Результаты исследования. Динамика изменения потребления кислорода и ЧСС однонаправлена, и изменения этих показателей находятся в тесной корреляционной связи. Значения коэффициентов корреляции для всех испытуемых и вариантов бега колебались от 0,87 до 0,99 ($P \leq 0,01$). Среднее значение коэффициента корреляции для всех испытуемых равно $0,94 \pm 0,04$ ($P \leq 0,01$).

Во время бега независимо от варианта бегового шага значения VO_2 и ЧСС постоянно повышались. Повышение ЧСС составило, в среднем, по всем вариантам бега 1,6 уд/мин, повышение VO_2 составило 0,07 л/мин. Коэффициент вариации (процентное отношение среднего квадратичного отклонения к среднему арифметическому) для VO_2 изменялся в зависимости от режима бега от 5,4% до 12,4% и составила, в среднем, 8%. Вариация значений ЧСС изменялась от 1,9% до 3,2% и, в среднем, равнялась 2,5%. Расчет уравнения регрессии динамики ЧСС показал следующую зависимость изменений пульса в естественных режимах бега от времени: $\dot{Y} = 133,9 + 0,256t$.

Таблица 1

**ЧСС и биомеханические параметры бегового шага
при выполнении задания «Уменьшить ускорение в фазе амортизации» ($x \pm \sigma$)**

№ пп.	Параметры	Естественный бег	Бег с уменьшением ускорения в фазе амортизации	Разница и достоверность изменений
1	ЧСС (уд/мин)	$136,6 \pm 2,7$	$134,7 \pm 2,7$	1,9 ($P < 0,01$)
2	Время опоры (мс)	$214,4 \pm 14,6$	$207,7 \pm 13,8$	6,7 ($P < 0,05$)
3	Время полета (мс)	$116,3 \pm 7,4$	$115,7 \pm 7,6$	0,6
4	Горизонтальная составляющая ускорения тела (g)	$1,96 \pm 0,20$	$1,73 \pm 0,18$	0,23 ($P < 0,05$)
5	Вертикальная составляющая ускорения тела (g)	$2,50 \pm 0,64$	$2,43 \pm 0,63$	0,07
6	Частота шагов (Гц)	$3,02 \pm 0,07$	$3,17 \pm 0,07$	-0,15 ($P < 0,05$)
7	Длина шага (см)	$132,4 \pm 7,8$	$126,2 \pm 7,3$	6,2 ($P < 0,05$)
8	Результирующая горизонтальных и вертикальных ускорений (g)	4,46	4,16	0,30 ($P < 0,01$)

Оказалось, что при выполнении задания по уменьшению отрицательного горизонтального ускорения, в среднем, на 0,23g ($P \leq 0,05$) существенно снизились

ЧСС, время опоры, длина шага и результирующая ускорений тела. При этом произошло значительное повышение частоты шагов. Время полета и вертикальная составляющая ускорения практически не изменились (табл. 1).

Таблица 2

Изменение средних значений ЧСС и биомеханических параметров бегового шага при выполнении задания «Уменьшить вертикальные колебания тела» ($x \pm \sigma$)

№ пп.	Параметры	Естественный бег (среднее 2-х)	Бег с уменьшением вертикальных колебаний	Разница и достоверность изменений
1	ЧСС (уд/мин)	$136,1 \pm 6,7$	$134,4 \pm 7,1$	$1,7 (P < 0,05)$
2	Время опорной фазы (мс)	$215,8 \pm 11,9$	$219,2 \pm 12,6$	-3,4
3	Время полетной фазы (мс)	$110,2 \pm 7,9$	$102,1 \pm 8,2$	$8,1 (P < 0,05)$
4	Горизонтальная составляющая ускорения тела (q)	$1,98 \pm 0,21$	$2,07 \pm 0,19$	-0,09
5	Вертикальная составляющая ускорения тела (q)	$2,75 \pm 0,43$	$2,16 \pm 0,41$	$0,59 (P < 0,05)$
6	Частота шагов (Гц)	$3,06 \pm 0,06$	$3,11 \pm 0,09$	-0,06
7	Длина шагов (см)	$130,7 \pm 5,8$	$128,9 \pm 6,1$	1,8

Было выявлено достоверное увеличение ($P \leq 0,001$) регистрируемых величин при беге с удлинненным и укороченным шагом по сравнению с естественным бегом. В среднем, при укорочении шага на 12,9% потребление кислорода увеличилось на 11%, ЧСС увеличилась на 5,8%; при удлинении шага на 23,7% VO_2 и ЧСС увеличился на 19,2%, ЧСС повысилась на 6,1%.

При выполнении задания по уменьшению вертикальных колебаний тела, что отразилось в уменьшении этого параметра на 0,59g по сравнению с естественными вариантами бега, было обнаружено следующее. Существенно ($P \leq 0,05$) снизились критерий экономичности — ЧСС и время полетной фазы. Остальные параметры не претерпели достоверных изменений (табл. 2).

Вторая серия экспериментов была посвящена исследованию влияния ДЭС на структуру лыжного хода. Доказательствами повышения действия релаксационных механизмов при использовании ДЭС во время выполнения физических упражнений явились результаты электромиографического исследования. Электроактивность (ЭА) определялась при передвижении на лыжероллерах классическим ходом без применения ДЭС и после ее применения на четырехглавой мышце бедра (*m. quadriceps femoris*) в момент отталкивания. Оказалось (рис. 2), что мышцы-синергисты, активно участвующие в произведении усилий, увеличивают свою активность после стимуляции, а пассивные — уменьшают. ЭА стимулируемой четырехглавой мышцы бедра, нестимулируемых трехглавой мышцы плеча (*m. triceps brachii*) и широчайшей мышцы спины (*m. latissimus dorsi*), активно участвующих в отталкивании, увеличились в следующих после ДЭС проходах на 14,3—6,1%. ЭА двухглавой мышцы бедра (*m. biceps femoris*), пассивной при отталкивании, и стимулируемой четырехглавой мышцы бедра в момент пассивной фазы скольжения уменьшились на 6,6—6,8%.

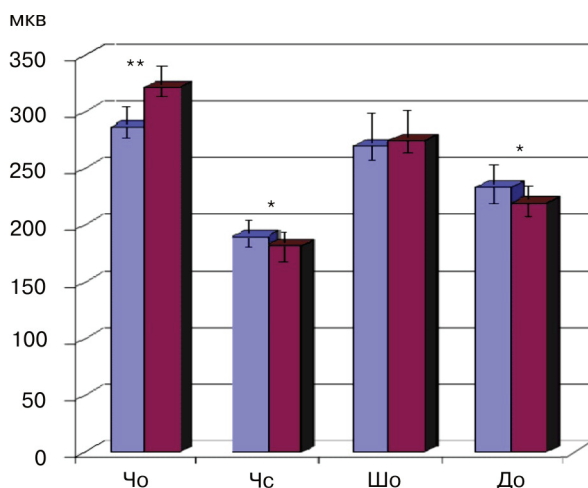


Рис. 2. ЭА активно участвующих в отталкивании мышечных групп: четырехглавой мышцы бедра (*m. quadriceps femoris*) — Чо; широчайшей мышцы спины (*m. latissimus dorsi*) — Шо и относительно пассивных мышечных групп: *m. quadriceps femoris* в момент скольжения — Чс; двуглавой мышцы бедра в момент отталкивания (*m. biceps femoris*) — До. Светлые столбцы — обычный режим передвижения, темные — после ДЭС. * — $P \leq 0,05$, ** — $P \leq 0,01$

Полученные данные были подтверждены оценкой общего энергообеспечения: потребление кислорода, ЧСС, кислородная и пульсовая стоимость метра дистанции оказались ниже при развивающей и субмаксимальной интенсивности при ДЭС, чем без нее.

Заключение. Результаты исследования показали эффективность применения БОС и ДЭС в качестве специальных дополнительных тренировочных средств. Суть их влияния выражается в обеспечении дополнительного двигательного ресурса главному (лимитирующему) звену и оптимизирующей перестройки всей ЛФС. Объяснение данного факта основано на интегративной природе функциональных физиологических систем теории П.К. Анохина.

Использование дополнительных биологических обратных связей связано с повышением разрешающей способности человека оценивать небольшие отклонения параметров на основе проприорецептивной системы оценки собственных двигательных действий. Построение эффективной ЛФС основано на включении дополнительной релаксации во время бега за счет внешних обратных связей. На это указывает оптимизация гемодинамических и биомеханических параметров.

Применение динамической электростимуляции (проводимой непосредственно во время выполнения физических упражнений) произвело регуляторное действие данного локомоторного акта и имело не только усиливающее влияние на активно работающие группы мышц, но и уменьшающее активность пассивных групп, позволяющее восстанавливаться им в лучшей степени. Эти результаты согласуются с известным явлением реципрокного (сочетанного) взаимодействия мотонейронов мышц-разгибателей, например бедра, при обычном отталкивании и мышц-сгибателей, являющихся антагонистами при выполнении указанного движения [5].

При отталкивании происходит возбуждающее эфферентное влияние на четырехглавую мышцу бедра и тормозящее на двухглавую мышцу бедра этой же ноги. В нашем случае (при электростимуляции) тормозящему влиянию ЦНС были подвержены не только мышца-антагонист этой же ноги (двухглавая мышца бедра), но и другие относительно пассивные мышцы-агонисты (та же четырехглавая мышца бедра в момент скольжения, т.е. в период относительно пассивного состояния), для которых эффект расслабления в этот момент локомоций предпочтителен. В то же время наблюдалось усиление возбуждающего влияния на мышцы-синергисты в этом движении — трехглавую мышцу плеча и широчайшую мышцу спины. В целом, электростимуляция четырехглавой мышцы бедра, являющейся в момент отталкивания главным синергистом, привело к торможению активности всех антагонистов и относительно пассивных групп мышц в этот момент, их расслаблению и восстановлению.

Полученные результаты легли в основу разработки концепции применения тренажеров и других дополнительных (внутриренировочных) средств для повышения работоспособности и эффективности тормозного релаксационного механизма [2] при уменьшении вероятности получения травм и заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Анохин П.К.* Очерки по физиологии функциональных систем. — М.: Медицина, 1975.
- [2] *Высочин Ю.В., Денисенко Ю.П.* Современные представления о физиологических механизмах срочной адаптации организма спортсменов к воздействиям физических нагрузок // Теория и практика физической культуры. — 2002. — № 7. — С. 2—6.
- [3] *Ратов И.П.* Исследование спортивных движений и возможностей управления изменениями их характеристик с использованием технических средств: Автореф. дис. ... докт. пед. наук. — М., 1972.
- [4] *Ростовцев В.Л.* Влияние нестандартных тренировочных воздействий на энергообеспечение движений, вероятность переутомления и специальную работоспособность спортсменов // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». — 2008. — № 1. — С. 47—54.
- [5] *Физиология мышечной деятельности: Учеб. для институтов физ. культ. / Под ред. Я.М. Коца.* — М.: ФИС, 1982.

CONSTRUCTION OF EFFECTIVE LOCOMOTOR FUNCTIONAL SYSTEMS AS ONE OF THE MAIN QUESTIONS OF SPORT ECOLOGY

V.L. Rostovtsev

Laboratory of prophylaxis of elite sportsmen diseases
All-Russian science-research institute of physical culture and sport
Elizavetskij lane, 10, Moscow, Russia, 105005

The article contains results of investigation how to build effective locomotion systems under application biology back relation and technical equipments.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (аналитический обзор)*

Д.О. Капралова, М.Д. Харламова

Экологический факультет

Российский университет дружбы народов

Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

Работа выполнена в рамках инновационной образовательной программы (ИОП) и расширяет круг вопросов, затронутых в УМК «Современные принципы экологической диагностики состояния природно-антропогенных систем». В аналитическом обзоре рассмотрены эколого-экономические методы оценки экологической безопасности жилых помещений и тенденции их использования при формировании рыночной стоимости объектов недвижимости.

Большую часть своей жизни человек проводит в помещениях — в классах учебных заведений, офисе, квартире, на даче. Насколько безопасна для нашего здоровья экологическая обстановка, которая окружает нас? Определение уровня экологической безопасности жилья и внутренней среды помещений является одной из задач экологической диагностики.

Согласно определению Большого энциклопедического словаря [1]: «Окружающая среда — среда обитания и деятельности человечества, окружающий человека природный и созданный им материальный мир, который представляет собой совокупность элементов среды, созданных из природных веществ трудом и сознательной волей человека и не имеющих аналогов в девственной природе (здания, сооружения и т.п.)». Таким образом, предлагаемый подход может рассматриваться в контексте оценки здоровья среды.

В соответствии с Федеральным законом от 27.12.02 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» в России разработан и внедрен стандарт предприятия СТП 02-02-04, в котором определены уровни экологической безопасности (ЭБ) жилых и производственных помещений по отношению к оптимальным значениям, определенным на основе действующих требований государственных стандартов, санитарных и строительных правил и норм [2; 3]. Некоторые коммерческие фирмы предлагают сегодня комплекс экологических исследований внутренних помещений. При этом оценка экологической безопасности помещений включает в себя:

- предварительное обследование;
- проведение инструментальных измерений оцениваемых факторов;
- обработку и анализ полученных данных;
- оформление протоколов проводимых измерений;
- предоставление рекомендаций по улучшению экологической обстановки в помещении.

* Данная статья написана в рамках реализации Инновационной образовательной программы РУДН «Создание комплекса инновационных образовательных программ и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих эффективно реализовывать государственные интересы РФ через систему экспорта образовательных услуг».

Исходя из этого, устанавливаются уровни безопасности, которые представлены в табл. 1. К оцениваемым экологическим факторам обычно относят основные параметры: освещенность, шум, вибрацию, ультра- и инфразвук, электростатические поля, параметры микроклимата, уровень радиационного фона. К дополнительным экологическим параметрам безопасности помещения относят: состав воздуха жилых и производственных помещений (по основным веществам: углерода окись, азота двуокись, сероводород, аммиак, фенол, бензол, формальдегид и др.), напряженность электрических и магнитных полей.

Таблица 1

Уровни экологической безопасности жилых и производственных помещений

Уровень ЭБ жилых и производственных помещений	Высокий уровень ЭБ (100% соответствие оптимальным значениям всех оцениваемых факторов)
	Нормальный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений не более чем 2-х факторов на 20%)
	Удовлетворительный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений от 2-х до 4-х факторов на 30%)
	Недостаточный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений от 2-х до 5-ти факторов на 60%)
	Неблагоприятный уровень ЭБ (отклонение от оптимальных значений более половины факторов на 50%)

Для покупателя квартиры или арендатора недвижимости существенными факторами, способными повлиять на его выбор, могут быть различные характеристики здания: от удобства планировки помещений и качества использованных отделочных строительных материалов до престижности района его расположения. Оценка жилых помещений осуществляется при этом весьма субъективно, без применения количественных показателей. Однако в связи с дальнейшим усилением урбанистических процессов в городах отмечается значительное ухудшение качества среды обитания человека и предпочтение при принятии решения все больше отдается экологическим характеристикам здания и его месторасположения.

Возникает вопрос, как оценить в денежных единицах удовлетворительное и неудовлетворительное состояние жилого помещения с точки зрения его безопасности для здоровья владельца?

В результате анализа существующих подходов к экономической оценке важности «экологического фактора» для жилого помещения выявлены два направления:

— экономическая оценка «готовности платить» за реальные или мнимые «экологические блага»;

— выражение степени безопасности жилого помещения (с точки зрения действующих государственных стандартов и нормативов) в денежном эквиваленте.

Субъективное восприятие людьми экологических факторов и степени их воздействия на качество жизни формирует у населения экономическую оценку качества среды [4], которая проявляется даже при отсутствии адекватной и полной информации о степени их реального негативного воздействия. Как пример можно привести дом бизнес-класса в Москве, расположенный рядом с крупной транспортной развязкой. Две трехкомнатные квартиры, расположенные на 22 и 23 этажах, из которых одна выходит окнами во двор, вторая — на шоссе. Разница в цене 1 м² составляет 73 долл. (4,3%) [5].

Одним из методов оценки экономической привлекательности экологического оптимума для населения является гедонистический метод, основанный на анализе рынков товаров или факторов производства с точки зрения их связи с объектами окружающей среды [4]. С помощью метода можно определить разницу в стоимости имущества (например, квартиры или дома) для районов с различным качеством окружающей среды, а также оценить готовность людей платить за улучшение такого качества.

В основе гедонистического ценообразования лежит определение ценности экологических благ в глазах населения. Метод основан на анализе информации о стоимости недвижимости по районам с различным состоянием окружающей природной среды. С помощью статистических методов гедонистический подход позволяет: (а) определить, насколько сильно стоимость недвижимости и земли зависит от различий в характеристиках окружающей среды, и (б) определить, сколько люди готовы заплатить за улучшение качества окружающей среды.

Суть гедонистического подхода состоит в попытке разделить цену дома (или земли для проживания) на отдельные атрибуты, включая качество окружающей среды. Это делается путем использования гедонистической функции цен, которая описывает равновесие между ценой дома p и ее составляющими $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$.

По мнению автора работы [4], покупая жилье в экологически благополучном районе, население осуществляет дополнительные затраты на эту покупку (в сравнении с покупкой более дешевого жилья в загрязненном районе), благодаря которым предотвращает воздействие на свое здоровье загрязненной среды. И, наоборот, покупатель более дешевого жилья понимает, что экономия затрат, обеспечиваемая покупкой квартиры в загрязненном районе, в дальнейшем обернется для него необходимостью затрат средств на ликвидацию и компенсацию последствий проживания в экологически неблагополучном месте. Таким образом, экономия затрат на покупку жилья сегодня является для него компенсацией ущерба, который ему будет нанесен в дальнейшем при проживании в загрязненном районе.

Далее автор подразделяет дома по типам стройматериалов (так как стоимость квартиры зависит от серии дома) на две группы: 1 — блочные и панельные и 2 — кирпичные, «сталинские» и монолитные, но исследует только панельные и блочные. Затем автором рассчитывается средняя стоимость квадратного метра в зависимости от загрязненности территории (табл. 2).

Таблица 2

Средняя цена 1 м² в зависимости от экологического фактора* [4]

Экологический фактор	Средняя цена за 1 м ² (долл. США)
1 (незначительный уровень загрязнения)	1 146
2 (слабый)	1 060
3 (средний)	1 009
4 (высокий)	1 019
5 (очень высокий уровень загрязнения)	983
Всего	1 043

* Цены приведены на март 2003 года.

К сожалению, автор гедонистического подхода ограничился панельными и блочными домами, так как небезынтересна была бы его точка зрения на грань между готовностью населения платить за экологическое благополучие района, где расположен объект недвижимости, и степенью психологической привлекательности кирпичных домов. Также в этом исследовании не учитывается готовность населения платить за экологическую безопасность стройматериалов.

В эколого-экономическом подходе оценки стоимости зданий, предлагаемом в работе [7], авторы считают, что можно построить ранжированный ряд приоритетных признаков степени экологической безопасности жилых (общественных) зданий (авторы рассматривают этот подход применительно для городов Западной Сибири) с экологической ситуацией различной сложности (табл. 3).

При оценке городского имущества (жилые и общественные здания) в городах Западной Сибири по предлагаемой методике следует руководствоваться формулой:

$$Ц_{ги} = Ц_{н} \cdot К_{эж} \cdot К_{эг}, \quad (1)$$

где $Ц_{ги}$ — стоимость жилого (общественного) здания в городе, руб.;

$Ц_{н}$ — нормативная стоимость жилого (общественного) здания в городе, руб.;

$К_{эж}$ — коэффициент экологической коррекции стоимости жилого (общественного) здания в зависимости от экологической ситуации внутренней среды, руб.;

$К_{эг}$ — коэффициент экологической коррекции стоимости жилого (общественного) здания в зависимости от экологической ситуации городской (внешней) среды, руб.

Таблица 3

Рекомендуемые коэффициенты экологической коррекции стоимости жилых (общественных) зданий в городах Западной Сибири [7]

Жилое (общественное) здание		Городская природная среда	
экологическая ситуация внешней среды	коэффициент экологической коррекции, $К_{эж}$	экологическая ситуация внешней среды	коэффициент экологической коррекции, $К_{эг}$
Безопасная	1,00	Благоприятная	1,00
Безопасная	1,00	Сложная	0,75—0,85
Безопасная	1,00	Неблагоприятная	0,60—0,70
Неблагополучная	0,70—0,80	Благоприятная	1,00
Неблагополучная	0,70—0,80	Сложная	0,75—0,85
Неблагополучная	0,70—0,80	Неблагоприятная	0,60—0,70

По мнению авторов работы, здание с безопасными характеристиками внутренней среды, находящееся в экологически благоприятном городском районе, должно иметь стоимость, равную нормативной стоимости. Реальная стоимость здания, имеющего неблагоприятную внутреннюю среду и расположенного в экологически неблагоприятном городском районе, должна быть уменьшена путем введения в расчеты коэффициентов экологической коррекции; таким образом, при проживании в районах экологического неблагополучия гражданам из городских бюджетов целесообразно выплачивать разницу в виде экологической компенсации стоимости жилых зданий. При приобретении гражданами нового жилья это может учитываться в продажной цене жилого дома, а при аренде — в снижении размеров арендной платы [7].

Открытым остается вопрос об оценке собственно экологической ситуации внутри жилого помещения. В качестве предварительного подхода к решению этого вопроса можно рассматривать интегральный показатель F [6].

По своему смыслу интегральный показатель является обобщенным классификационным параметром, рассчитанным по данным натурных измерений, отнесенным соответственно к их нормативным величинам, и вычисляется как сумма средневзвешенных значений частных параметров (f_i):

$$F = \sum_{i=1}^n f_i, \quad (2)$$

где n — количество частных экологических параметров;

f_i — средневзвешенное значение рассматриваемого показателя частного параметра.

В общем случае значение средневзвешенного частного параметра (f_i) можно записать [6]:

$$f_i = (1/m_i) \sum_{j=1}^{m_i} f_{ij}, \quad (3)$$

где m_i — число учитываемых значений отдельных частных величин параметров f_i .

Авторами работы [6] вводится система оценки «экологичности» зданий, предусматривающая градацию объектов в зависимости от значения интегрального показателя F :

1 класс — здания высокой экологичности ($0 < F < 1$);

2 класс — здания нормативной экологичности ($1 < F < 2$);

3 класс — здания приемлемой экологичности ($2 < F < 3$);

4 класс — здания экологического риска ($F > 3$).

Выбор конкретной числовой шкалы балльной оценки, в которой классифицируется интегральный показатель, не имеет определяющего значения, так как переход от одной шкалы к другой осуществляется простым домножением величины показателя на нормировочный множитель.

В дальнейшем предполагается интегральный показатель (F) рассматривать, как суммарную величину средневзвешенных значений частных параметров (f_i) при $n = 5$:

$$F = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5, \quad (4)$$

где f_1 — средневзвешенное значение микроклимата (см. выше);

f_2 — средневзвешенное значение физических показателей (звукового давления и вибрации);

f_3 — радиологические характеристики (мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в здании и вне его, значение эквивалентной равновесной объемной активности радона в помещении);

f_4 — средневзвешенное значение содержания вредных веществ в помещении;

f_5 — содержание загрязняющих примесей в атмосферном воздухе на прилегающей территории.

Использование предложенной методики расчета «экологичности» зданий (по мнению авторов) позволяет применить количественные характеристики при оценке зданий, отдельных помещений или их групп (квартира, офис). Причем данная методика может распространяться на здания различного назначения — жилье, административные, производственные и т.д., при этом формулы корректируются в соответствии с нормируемыми параметрами. Однако следует отметить, что применение данной методики предполагает проведение экспериментальных измерений концентраций загрязняющих веществ и уровня радиоактивности, магнитных полей и т.д. в каждом конкретном случае и не дает возможности заранее оценить или спрогнозировать, насколько безопасным является аналогичное помещение, но, например, расположенное в другом месте.

Следует отметить, что использование каждой из указанных методик оценки экологической безопасности жилья в отдельности не дает реальной картины. В качестве работоспособного и действенного инструмента необходимо разработать методику, способную оценить стоимость реального жилого помещения в данный момент времени, в зависимости от его расположения и «экологичности» используемых строительных материалов. Для удобства и быстроты оценки необходимо разработать базу данных, в которую должны быть занесены:

- все возможные используемые в строительстве строительные и отделочные материалы и потенциально опасные для здоровья компоненты, входящие в их состав с указанием класса опасности, степени токсичности и особенностей воздействия на здоровье человека;

- потенциально опасные объекты (промышленные предприятия, автомагистрали, котельные, ТЭЦ и т.д.) также с указанием класса опасности, зоны воздействия и опасности для здоровья населения;

- природные и рекреационные зоны, способные нейтрализовывать вредное воздействие опасных объектов, также с указанием зоны их позитивного воздействия, с учетом статуса и состояния;

- географические и климатические особенности ландшафта, способные как нейтрализовывать, так и усугублять вредное воздействие экологически опасных объектов.

Помимо перечисленных экологически значимых факторов в базу данных также могут быть занесены другие традиционно оцениваемые параметры, определяющие класс жилого помещения и его стоимость — наличие развитой транспортной и инфраструктуры, в том числе реабилитационных и лечебных заведений; культурных объектов; торговых точек и т.д. Разрабатываемая методика фактически представляет собой экспертную систему, позволяющую быстро и комплексно произвести экологическую оценку помещения и указать его стоимость.

Существование подобного инструмента позволит населению осознать ущерб от ухудшения экологической ситуации и может служить основанием для оценки величины его возмещения.

В то же время количественная характеристика рыночной оценки ущерба от загрязнения — в среднем 16,6% [4] от стоимости квартир — доказывает важность и экономическую целесообразность решения экологических проблем жилых помещений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Большой энциклопедический словарь. www.yandex.ru
- [2] Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: от 26.05.88 № 4617-88 — основной список.
- [3] Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: от 07.12.90 № 5203-90 — основной список.
- [4] *Дворецкий Л.М.* Экологическая составляющая экономической оценки недвижимости: Автореф. дисс. ... канд. экон. наук. — М., 2006.
- [5] Экологические факторы и стоимость жилья. Сделки с недвижимостью http://www.n-sdelka.ru/ecological_factors.html
- [6] *Плотникова Л.В., Ярмош А.И., Кириченко В.С.* Метод расчета экологичности зданий, сдаваемых в эксплуатацию. — ООО «Спецстройэкология». Труды VII съезда АВОК. — С. 165—167.
- [7] *Адам А.М., Мамин Р.Г.* Природные ресурсы и экологическая безопасность Западной Сибири. — М.: Полтекс, 2000.

ECOLOGICAL DIAGNOSTICS OF PREMISES' SAFETY (state-of-the-art review)

D.O. Kapralova, M.D. Kharlamova

Ecological Faculty
Peoples' Friendship Russian University
Podolsk highway, 8/5, Moscow, Russia, 113093

Work is executed within the limits of innovative educational program (IEP) and expands a circle of the questions mentioned in the manual «Modern Principles of Ecological Diagnostics of Natural and Anthropogenous Systems Condition». In the state-of-the-art review ecological and economic methods of ecological premises safety estimation and tendencies of their use are considered at formation of market cost of objects of the real estate.

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

Н.А. Нарбут

Институт водных и экологических проблем
Дальневосточного отделения Российской академии наук
ул. Ким Ю Чена, 65, Хабаровск, Россия, 680000

Экологическое планирование городской территории — насущное требование времени, поскольку более 70% населения России проживает в городах. В статье кратко показана возможность использования основных положений экологического каркаса в планировании городской территории.

В настоящее время в России 73% населения сосредоточено в городах. В некоторых странах эта доля еще выше [1]. Рост городов, как правило, ведет к экологическому неблагополучию, которое является результатом многочисленных взаимосвязанных проблем. Определенный «вклад» в их возникновение, наряду с состоянием природной среды и развитием природных процессов, вносит и территориальная организация города. При планировании городской территории необходимо исходить из приоритета интересов людей, но в стремлении удовлетворять ближайшие нужды не следует забывать и о долгосрочных интересах общества, которые, во многом, определяет пространственное развитие городской территории.

В урбанизированных странах в настоящее время все более заметна тенденция роста городских территорий по сравнению с ростом городского населения. Это явление сопровождается развитием городских агломераций за счет переселения городского населения и переноса предприятий из центра городов в пригороды, увеличением спроса территории не только для городской застройки, но и организации отдыха, развития инфраструктуры, активизацией межагломерационных пространств и стагнацией исторических ядер расселения. Оно наблюдается в городах Западной Европы, Канады и США, является следствием естественного перехода городского поселения на четвертую и пятую стадии урбанизации [2; 3].

Значительные территории нашей страны находятся на второй и третьей стадии эволюции расселения, которые характеризуются формированием городских агломераций путем роста центральных городов при абсолютном уменьшении сельского населения. При этом направление миграции населения и размещение хозяйства имеет выраженный центростремительный характер. На третьей стадии развития урбанизации наряду с демографическими и экономическими аспектами особую роль приобретает территориальный аспект, проявляющийся в интенсивном использовании городской территории [2; 4].

В Советском Союзе отмечались высокие темпы роста городских территорий по сравнению с ростом населения. Так, в середине 70-х годов площадь городской застройки ежегодно возрастала на 5,5%, а темпы роста населения составляли

лишь 4,7%. При этом доля территорий, не используемых под городское строительство в границах городов и поселков городского типа, достигала 50%, а в пределах застроенных территорий — 20% [3].

То есть снижение концентрации населения в наиболее крупных городских агломерациях развитых стран — закономерное, объективное явление, следствие общей естественной сменяемости стадий развития урбанизации, тогда как рост городских территорий в СССР — следствие экстенсивного их использования из-за низкой плотности застройки и невысокой плотности населения. Реализация господствующей в градостроительстве концепции «равномерного размещения», которая получила большое распространение в 60-х годах, способствовала искусственному сдерживанию роста больших городов, развитию городов малых и средних, зачастую не располагавших для этого необходимыми ресурсами. В результате — преобладание узкоспециализированных центров, индустриальная доминанта в ущерб социальной сфере, слабость социально-культурного потенциала, низкое качество городской среды при наличии значительного свободного пространства.

Свободные (открытые) пространства города — это природные, природно-антропогенные и антропогенные ландшафтные комплексы. Они включают территории, покрытые зелеными насаждениями всех видов пользования (общего, ограниченного, специального), а также пустыри, свалки, выработанные карьеры, огоры и т.д. По существующим градостроительным нормам в составе незастроенных территорий до 50% должно приходиться на зеленые зоны [5]. Причем особое значение уделяется зеленым зонам общего пользования, формирование которых происходит на основе существующих нормативов и рекомендаций. Так, согласно строительным нормам и правилам [6] озелененные территории общего пользования крупного города должны включать общегородские озелененные территории из расчета 10 м²/чел и жилых районов — 6 м²/чел. Кроме того, в крупнейших, крупных и больших городах существующие массивы городских лесов следует обустройства в лесопарки и относить их дополнительно к указанным выше озелененным территориям, но не более чем 5 м²/чел. В структуре озелененных территорий общего пользования крупные парки и лесопарки шириной 0,5 км и более должны составлять не менее 10%. Рекомендуются и время, за которое можно добраться до зеленых зон. Для городских парков оно должно составлять не более 20 мин, а парков планировочных районов — не более 15 мин. Площадь территории городских парков определяется не менее 15 га, парков планировочных районов — 10 га, садов жилых районов — 3 га, скверов — 0,5 га. В общем балансе озелененных территорий площадь парков и садов должна составлять не менее 70%. Следует отметить, что почти все нормы носят рекомендательный характер и поэтому зачастую по разным причинам не выполняются.

В Хабаровске, например, свободные пространства занимают 42,4% общей площади города. Из них 50,2% приходится на зеленые насаждения (ЗН), включающие садово-парковые, лесные, пойменные, луговые и лугово-болотные ландшафтные комплексы [7]. Этот показатель отражает благоприятную ситуацию для

поддержания экологической стабильности городской среды. Однако следует учесть и то, что имеющиеся зеленые зоны далеко неравномерно распределены в черте города. А число ЗН общего пользования, приходящееся на одного жителя, более чем в два раза ниже рекомендуемых норм. Только два парка — парк Динамо, включающий городские пруды (23,94 га), и парк стадиона им. Ленина (29,19 га) соответствуют нормативным требованиям (по площади), предъявляемым к общегородским паркам. Оба парка находятся в Центральном округе, и чтобы добраться до них, например, жителям Южного или Северного округа требуется гораздо больше времени, чем рекомендуется по нормам.

Необходимо отметить, что вышеперечисленные нормы, как и нормы, установленные для состояния поверхностных и подземных вод, а также атмосферного воздуха в пределах городской черты, носят санитарно-гигиенический характер, а не экологический. Экологическое планирование — «расчет потенциально возможного изъятия или иной эксплуатации *природных ресурсов* или территорий без заметного нарушения существующего или намечаемого хозяйственного целесообразного *экологического равновесия* и без нанесения существенного ущерба одной хозяйственной отрасли другим в случае совместного использования ими естественных благ» [8. С. 356]. Т.е. экологическое планирование — целенаправленная организация территории, которая предполагает рассмотрение природных процессов и признание экологического подхода при решении конкретных экономических, социальных и политических проблем. Такое планирование — насущное требование времени, которое лежит в основе устойчивого развития, являющегося условием существования человечества на Земле. Однако параметры экологического планирования пока не разработаны. Имеются лишь некоторые подходы в рамках ландшафтного и бассейнового планирования [9; 10], а также концепции экологического каркаса территории [11; 12 и др.]. Новизна этих подходов в том, что все они рассматривают территорию в той или иной мере как функциональную целостность. Однако понятие «экологический каркас» является общим по отношению к бассейновому подходу и ландшафтному планированию. Являясь иерархическим понятием, он должен выявляться на локальном, региональном, включая бассейновый, и глобальном уровнях, а в основе его формирования лежит ландшафтный принцип [11; 12; 13 и др.].

Следуя законам самоорганизации урбанизированного пространства, тенденция концентрации городского населения, которая характерна в настоящее время почти для всех крупных городов России, сменится деконцентрацией. Зная эти закономерности, уже сейчас, в условиях начавшегося сокращения свободного пространства, важно выявить и сохранить (зарезервировать) территории с высоким экологическим потенциалом, объединив их в экологический каркас.

Под экологическим каркасом городской территории (ЭКГТ) понимаем совокупность ранжированных по режимам пользования средоформирующих и средостабилизирующих природных и природно-антропогенных комплексов (экосистем) свободного пространства, целенаправленно формируемую для создания комфортной среды жизнедеятельности человека и обеспечения устойчивого развития го-

родской территории [13]. При этом территория города рассматривается как сложная самоорганизующаяся система, а экологический каркас — как элемент этой системы, ответственный за ее сохранение [12].

Согласно предложенному определению необходимо, прежде всего, выявить вышеперечисленные комплексы, то есть провести эколого-функциональное зонирование городских земель. Такое исследование для города Хабаровска было проведено. Определены эколого-функциональные зоны свободного пространства города, выявлены элементы, входящие в состав каждой зоны, и основные экологические функции элементов, а также территории перспективные для экологического каркаса, предложена структура ЭКГТ [13].

Для наиболее эффективного функционирования ЭКГТ при его формировании необходимо выполнить следующие условия:

- включить в состав ЭК наиболее значимые в экологическом отношении, уже существующие природные и природно-антропогенные комплексы;

- обеспечить оптимальное пространственное расположение основных элементов ЭК в городе;

- обеспечить возможность установления пространственной и функциональной соподчиненности элементов ЭКГТ с элементами ЭК более высокого иерархического уровня.

В пределах городской черты не все элементы каркаса должны быть связаны коридорами, так как их структура и определенные качества поддерживаются искусственно. Однако эффективность функционирования ЭКГТ во многом определяют коридоры, а также состояние, размер площадей и характер границ элементов ЭК более высокого ранга. Выходя за пределы городской территории, коридоры соединяют ландшафтные комплексы локального и регионального уровня, обеспечивая вертикальную соподчиненность основных экологических функций природных и природно-антропогенных элементов. Поэтому очень важна пространственная ориентация ядер ЭК и крупных ландшафтных комплексов в городе. Определенная их часть должна примыкать к большим и малым водотокам, бульварам, водоохранным зонам. Особое значение в этом плане для города Хабаровска принадлежит р. Амур, так как ряд элементов ЭК находится в зоне ее влияния. Так, например, в Северном округе города на пологом западном склоне, обращенном к Амуру, расположены четыре ООПТ и ландшафтно-рекреационные территории, представляющие слабонарушенную естественную зеленую зону бывшего военного стрельбища. В пределах города этот участок уникален как в флористическом, так и в почвенном отношении. Из 184 видов флоры к эндемичным и реликтовым относится 31. Распространенные здесь бурые лесные почвы являются основой формирования как растительного разнообразия, так и богатств местной почвенной фауны и микрофлоры. В Центральном округе к Амуру примыкает парк завода «Дальдизель», Центральный парк культуры и отдыха, парк стадиона им. Ленина и ряд других объектов.

К элементам ЭК более высокого иерархического уровня, функционально связанных с элементами ЭКГТ Хабаровска, следует отнести следующие террито-

рии: акваторию и левобережные заболоченные пространства р. Амур, обширные южные лесные территории Большого и Малого Хехцирских хребтов, заповедные территории Большехехцирского заповедника (площадь 45 439 га) и заказника Хехцир (56 000 га). Эти малонарушенные природные территории, выполняющие биосферостабилизирующие функции, оказывают оздоравливающее влияние на общую экологическую обстановку в городе как резерваты чистого воздуха (в городе преобладают ветра юго-западного направления). Кроме того, они служат источниками проникновения в город местных, в том числе и редких, видов флоры и фауны. Влияние вышеперечисленных территорий могло быть более эффективным при условии создания водоохраной зоны Амура в пределах городской черты. Многокилометровая водоохранная зона вдоль реки увеличила бы площадь городских зеленых насаждений, соединила зеленые зоны Воронежа и Хехцира через систему существующих, но территориально разобщенных парков, набережных, ландшафтно-рекреационных территорий, способствовала бы закреплению «подвижной», уязвимой прибрежной зоны.

Материалы по ЭКГТ в виде текста и карт переданы в РосНИПИ Урбанистики (г. Санкт-Петербург), где были использованы для корректировки существующего генплана Хабаровска. При его обсуждении отмечалось отсутствие единых методов градостроительного анализа, которые бы соответствовали задачам экологизации городской среды. Для оздоровления последней была принята концепция экологического каркаса. Так, в разделе 6.5 генплана, посвященного экологическому состоянию ландшафтов и ООПТ, отмечается, что основной путь сохранения и увеличения зеленых зон города — формирование природно-экологического каркаса территории, т.е. системы охраняемых территорий, а также соблюдение режима использования уже существующей зеленой зоны Хабаровска. Предполагается создать три лесопарковые зоны и новые озелененные территории общего пользования, что увеличит удельные площади территорий, формирующих экологический каркас города.

Генпланом предусмотрено продолжить практику перевода наиболее ценных, вновь создаваемых, объектов зеленого строительства в ООПТ или законодательного установления градостроительного регламента как территорий, не подлежащих застройке. В соответствии с планировочными решениями на первую очередь выполнения генплана (2010 г.) предусмотрена организация зеленых насаждений общего пользования до 257 га. На одного жителя города будет приходиться 8,8 м² зеленых насаждений общего пользования (по существующему состоянию этот показатель составляет 4,8 м²/чел.). К расчетному сроку выполнения генплана города (2025 г.) предполагается установить статус ООПТ зеленым насаждениям общего пользования общегородского значения на площади 620 га. Первоочередные объекты — парки общегородского значения вдоль р. Амур в Центральном и Северном округах.

Отмечено, что одним из основных элементов ЭКГТ должны стать городские водотоки, которые являются «кровеносной системой города». Они соединяют все раздробленные естественные и искусственные структурные ландшафтные ком-

плексы различного ранга и образуют экологические коридоры. По генеральному плану все эти территории планируется максимально расчистить, благоустроить и повсеместно вплести в селитебные и санитарно-защитные зоны промышленно-коммунальной застройки. Для этого необходимо разработать и организовать:

— экологический мониторинг за состоянием водных объектов города и на р. Амур, включая районы размещения крупных садоводческих массивов;

— водоохранную зону и прибрежную защитную полосу вдоль р. Амур, а также провести корректировку водоохранных зон и прибрежных полос малых водных объектов города с учетом проектных решений разрабатываемого генерального плана. При разработке проектов водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов города необходимо соблюдать определенные нормативы в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1404 от 23.11.1996.

Следует отметить, что в планировочной структуре Хабаровска, которая сложилась на предшествующих этапах развития города, промышленные площадки и коммунально-складские территории зачастую соседствуют с жилой застройкой, отделяясь от них санитарно-защитными зонами (СЗЗ). Общая площадь СЗЗ составляет около 9300 га, в ее границах размещено около 800 га жилой застройки (около 2000 домов). Проектные СЗЗ планируются уменьшить до 6300 га за счет выноса промышленных предприятий на новые площадки и уменьшения размеров СЗЗ от объектов энергетики в результате перевода их на газ.

Не имея правового статуса, ЭКГТ или основные его положения (разработки) могут быть включены в генеральный план города. Содействовать этому может взаимопонимание разработчиков экологического каркаса и генерального плана города. Но эффективно «работать» генплан может при наличии правовых механизмов его реализации. Поэтому создание местной экологической нормативно-правовой базы приобретает исключительно большое значение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ланно Г.М. География городов: Учеб. пособие для геогр. ф-тов вузов. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997.
- [2] Грицай О.В., Иоффе Г.В., Трейвиш А.И. Центр и периферия в региональном развитии. — М.: Наука, 1991.
- [3] Пивоваров Ю.Л. Основы геоурбанистики: Урбанизация и городские системы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999.
- [4] Кусинский В. Временная и территориальная дифференциация урбанизации в Польше // Пространственное развитие урбанизации: общие закономерности и региональные особенности. — М.: ИГ АН СССР, 1991. — С. 68—81.
- [5] Руководство по составлению раздела «Охрана природы и улучшение окружающей среды градостроительными средствами» в проектах планировки и застройки городов, поселков и сельских населенных пунктов. — М.: Стройиздат, 1982.
- [6] СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. — М.: ЦИТП Госстроя, 2001.
- [7] Климина Е.М. Ландшафтно-картографическое обеспечение оптимальной организации территории (на примере Хабаровского края): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск, 2000.

- [8] *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990.
- [9] *Ландшафтное планирование: принципы, методы, европейский и российский опыт.* — Иркутск: Из-во ИГ СО РАН, 2002.
- [10] *Корытный Л.М.* Бассейновая концепция в природопользовании. — Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001.
- [11] *Мирзеханова З.Г.* Экологический каркас и устойчивое развитие территории // Экологическое планирование и управление. — 2007. — № 2 (3). — С. 25—34.
- [12] *Нарбут Н.А.* К вопросу о методологических и методических аспектах формирования экологического каркаса территории // Вестник ДВО РАН. — 2008. — № 1. — С. 69—73.
- [13] *Нарбут Н.А.* Экологический каркас города Хабаровска // География и природные ресурсы. — 2004. — № 4. — С. 148—151.

ECOLOGICAL PLANNING OF AN URBAN TERRITORY

N.A. Narbut

Institute of Water and Ecology Problems
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences
Kim Yu Chen str., 65, Khabarovsk, Russia, 680000

Ecological planning of an urban territory is an urgent task as 70% of the Russian population today is urban. Still ecological urban planning standards are not developed. The paper presents main aspects of ecologic carcass proposed to be used in urban territory planning.

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА: МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ ПО КРИТЕРИЯМ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

И.А. Гундаров

Лаборатория функций и методов управления здравоохранением
НИИ общественного здоровья и управления
здравоохранением ММА им. И.М. Сеченова
Зубовский б-р, 37/1, Москва, Россия, 119021

О.В. Захарьяшева, В.Н. Крутько, Т.М. Смирнова

Лаборатория системного анализа и информационных технологий
Институт системного анализа РАН
Проспект 60-летия Октября, 9, Москва, Россия, 117312

А.Я. Чижов

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

Статья посвящена разработке принципов и механизмов управления качеством жизни российского населения. Механизм государственного управления рассматривается как кибернетическая система с обратными связями. В качестве цели управления предлагается использовать качество жизни населения. Изложена методика расчета индекса качества жизни на основе частных индикаторов качества жизни и обоснован выбор индикаторов, удовлетворяющих требованиям информативности и надежности.

Критерии качества жизни как цели управления инновационным развитием. Для оптимизации механизмов государственного управления требуется переход на регулирование по конечному результату через обратную связь. Принцип обратной связи, как показал Н. Винер [1], является основой эффективной регуляции в равной степени для живой природы, технических систем и общества. С научных позиций он разработан в кибернетике и теории функциональных систем, требующих сравнивать результаты движения системы с индикаторами поставленной цели. Если показатели сближаются, значит, управление осуществляется правильно. В противном случае корректирующий сигнал направляется в центр и принимаются меры по исправлению ситуации.

Какие параметры должны быть поставлены целью инновационного развития страны? В прежние века главным стимулом социального развития считался рост материального могущества государства и повышение уровня жизни населения. В те времена материальные ценности сыграли важнейшую роль двигателя исторического прогресса. Однако к концу XX века стала очевидной их неадекватность возросшему уровню интеллектуального и культурного развития человечества. В них нет главного — оценки состояния самого человека, насколько ему уютно в окружающем мире.

Что может быть более привлекательным, чем стремление стать богатым? В чем смысл и цель человеческой жизни, достойные управлять современным миром? Для русской философской школы смыслом жизни выступает сама жизнь в стремлении человека к личному счастью и социальному совершенствованию. Чтобы реализовать этот двуединый смысл, необходимы соответствующие условия. Их создание есть цель социального государства, способствующего движению к счастью и социальной гармонии для всех и каждого. Счастье у всех народов всегда ставилось выше богатства. Однако понятием «счастье» обычно обозначают сугубо индивидуальные ощущения. Для его характеристики на уровне общества предлагается эквивалентное понятие — «качество жизни». Именно «в повышении качества жизни российских граждан» видится стратегия развития России. «Россия должна стать самой привлекательной для жизни страной». Мы ставим «амбициозную задачу — достичь качественного изменения жизни, качественного изменения страны» [2].

Чтобы говорить серьезно о наибольшей привлекательности России, требуется определить, по каким параметрам качества жизни мы способны стать настолько впереди процветающих Швейцарии, Канады, США, Люксембурга, чтобы их жители стали стремиться к нам на постоянное жительство? А какими признаками принято характеризовать качество жизни вообще? До настоящего времени его содержание остается недостаточно определенным, в том числе по отношению к другому распространенному термину — «уровень жизни». В результате происходит смешение понятий, затрудняющее их полноценное использование.

Уровень жизни — это социально-экономические условия существования человека и общества, совокупность потребляемых ими товаров и услуг. Выделяются различные аспекты уровня жизни: питание, жилище, работа, образование, здравоохранение, отдых, политические права и др.

Человек и общество обладают определенными **потребностями и возможностями** — физиологическими, эмоциональными, интеллектуальными, духовными. Они определяются генетическими особенностями, культурными традициями, приобретенным опытом, образованием, воспитанием и др.

Качество жизни есть соответствие условий жизни человека его потребностям и возможностям. Это — своеобразная дробь, где в числителе стоят условия жизни, а в знаменателе находятся потребности и возможности. Числитель показывает то, чем общество располагает, а знаменатель характеризуют то, о чем оно мечтает и что может. В результате качество жизни есть индикатор адекватности окружающего мира интересам людей, насколько они ощущают себя в нем уютно, комфортно, счастливо.

Изучением проблем качества жизни занимается социальная эргономика. С позиций социальной эргономики рост уровня жизни необходим не сам по себе, а как одно из средств гармонизации условий существования человека и общества. Удовлетворенность бытием и личное счастье зависят от экономических условий примерно на треть, а на две трети — от самого человека, его нравственных ценностей, смысла жизни и т.д. Здесь уже не только бытие определяет сознание, но и сознание определяет бытие. Культура становится таким же двигателем истории, как и производительные силы.

По этой причине увеличение уровня жизни не обязательно должно сопровождаться повышением качества жизни. Оно может даже снизиться, если рост достатка сочетается с более интенсивным возрастанием или деформацией потребностей и возможностей. Суть различия между уровнем жизни и качеством жизни показывает пример бывшей ГДР. После присоединения к ФРГ материальное благосостояние восточных немцев выросло в 3—4 раза. Но это не сделало их в 3—4 раза более счастливыми.

Исторический опыт показал, что именно качество жизни, а не уровень жизни является той взрывоопасной смесью, которая служит субстратом социальных революций. Игнорирование этой закономерности привело к крушению СССР даже на фоне объективного роста материального благосостояния народа.

Чтобы на пути к высокому качеству жизни не сбиться с курса и не превратить эту идею в популистский лозунг, требуется регулярное слежение за приближением к цели. Для России, огромной по территории страны, такой контроль необходим не только применительно к государству в целом, но и к каждому региону в отдельности. Тогда интересы целого и частей совпадут.

В результате цель и средства перестанут противоречить друг другу, поскольку каждый шаг в движении к желанному будущему станет сопровождаться улучшением текущих условий жизнедеятельности. Государственная власть окажется вынужденной быть ответственной за обеспечение конкретных показателей достойной жизни. Данное требование соответствует положениям седьмой статьи Конституции — одной из базовых в системе основ конституционного строя России.

Принципы управления по конечному результату.

В соответствии с законами кибернетики для управления государством и регионами по динамике качества жизни требуется соблюдение следующих принципов.

I. Адекватность контролируемых параметров.

Количество контролируемых параметров не должно быть избыточным. Иначе затрудняется оценка интегрального эффекта и власть теряет возможность полноценного реагирования. Оптимальное число — не более 10—15.

Контролируемые параметры должны отражать базовые параметры, общие для страны и регионов, без которых жизнедеятельность населения становится затруднительной.

Содержание параметров не должно иметь двойного толкования.

Регистрируемые показатели должны быть защищены от влияния посторонних факторов и возможных фальсификаций.

Критерии «лучше—хуже» однозначно трактуются всеми.

II. Научная объективность сбора и анализа информации.

Сбор информации выполняется Государственным комитетом по статистике с использованием стандартных методов и стандартизованных специалистов.

Научные эксперты устанавливают пороговые значения контролируемых показателей («красные флажки»), выход за которые для власти запрещен.

Научный анализ информации по стране проводится Национальным центром мониторинга качества жизни, а по регионам — региональными центрами мониторинга. В работе центров принимают участие в роли наблюдателей представители политических сил и общественных организаций.

III. Полноценность обратной связи.

Не реже одного раза в полгода информация о динамике качества жизни поступает к органам государственного управления.

Прохождение сигнала выполняется напрямую, без посредников, могущих исказить его содержание.

Ухудшение контролируемых параметров требует исправления ситуации.

IV. Принятие стратегических решений.

Носителем суверенитета и основным источником власти в РФ является народ. Динамика его благополучия служит главным критерием адекватности государственного управления.

Для информирования населения об эффективности движения к цели сведения о динамике качества жизни широко представляются в СМИ, Интернете и издаются в виде Бюллетеня, распространяемого по библиотекам России.

Выход за пороговые значения контролируемых параметров по вине власти свидетельствует о ее неспособности обеспечить условия достойной жизни населения.

Нарушение основ конституционного строя России в части седьмой статьи Конституции РФ является основанием для отказа президенту в праве считаться гарантом Конституции.

Параметры и индикаторы качества жизни.

Качество жизни, формируясь под влиянием уровня жизни и потребностей человека как входных воздействий, проявляется на выходе состоянием самого человека в субъективном и объективном аспектах.

Субъективное состояние определяется посредством социологических опросов, через которые измеряется удовлетворенность населения различными сторонами жизни: достаток, жилище, питание, образование, здравоохранение и др.

Объективное состояние проявляется через показатели личного здоровья, социального поведения и др., которые измеряются путем физиологических обследований и статистических показателей. К объективным параметрам качества жизни относятся следующие: здоровье и продолжительность жизни, биологическое воспроизводство рода, осмысленность жизни и желание жить, агрессивность или доброжелательность отношений, социальный оптимизм, крепость семейных уз, уважение к родителям, забота о потомстве и др. Особенность современной ситуации в России заключается в крайне высокой значимости показателей качества социальной среды, причем повышенные риски нарастания социального диском-

форта и эрозии социальных норм формируются в экономически развитых субъектах РФ, оказавшихся наиболее вовлеченными в трансформационные процессы постсоветского периода [3].

В современной литературе по проблеме качества жизни к объективным показателям качества жизни нередко относят уровни доходов, образования, расходов на образование и здравоохранение, характеристики неоднородности доходов, производительности труда, экологической нагрузки [4]. Значимость подобных показателей безусловна, однако следует отметить, что они являются не непосредственными характеристиками качества жизни, а лишь факторами, влияющими на качество жизни. Поэтому такие показатели не следует включать в перечень индикаторов качества жизни. Во-первых, это приводит к неоправданному росту числа индикаторов, а во-вторых, что еще более важно с позиций теории управления, делает невозможным анализ эффектов факторов риска качеству жизни. В то же время субъективные показатели удовлетворенности экономической и экологической ситуацией могут служить индикаторами качества жизни.

Количественная характеристика параметров качества жизни может быть построена на основе следующего минимального набора статистических индикаторов на уровне страны и регионов:

1) *здоровье и продолжительность жизни* выражаются показателями ожидаемой продолжительности жизни и ожидаемой продолжительности здоровой жизни (лет) от рождения;

2) *биологическое воспроизводство рода* оценивается суммарной рождаемостью (на 10 женщин 15—49 лет);

3) *социальный оптимизм, обретение спутника жизни* характеризуются количеством браков (на 1000 жителей);

4) *безысходность, неудовлетворенность жизнью* выражаются самоубийствами и смертностью от несчастных случаев, являющихся, как правило, следствием созданных человеком несовместимых с жизнью экстремальных условий. Расчет ведется вычитанием убийств из числа умерших от внешних причин (на 100 000 жителей);

5) *разрыв семейных уз, потеря ближнего* измеряется разводами (на 1000 жителей);

6) *крайняя озлобленность, агрессивность* выражается убийствами (на 100 000 жителей);

7) *несправедливое распределение собственности* характеризуется кражами, грабежами и разбоями. Учитывая, что кражи не всегда четко регистрируются, более точным показателем служит сумма грабежей и разбоев (на 10 000 жителей); для характеристики уровня экономического неравенства используется также показатель концентрации доходов;

8) *общее духовное неблагополучие* оценивается уровнем суммарной преступности (на 1000 жителей).

Фундаментальное значение перечисленных параметров для качества жизни доказывается тем фактом, что именно они отобраны историческим опытом в виде нравственных заповедей мировых религий: «не убий», «не укради», «не прелюбодействуй» и др.

Расчет индекса качества жизни.

В зависимости от набора используемых индикаторов формируются разные алгоритмы индекса качества жизни. Из существующих материалов государственной статистики наиболее полным предлагается следующий состав:

- 1) продолжительность жизни,
- 2) суммарная рождаемость,
- 3) браки,
- 4) разводы,
- 5) убийства,
- 6) самоубийства и несчастные случаи,
- 7) грабежи и разбои.

Это есть полный индекс качества жизни (ИКЖ-п).

Сокращенный набор (ИКЖ-с) включает параметры, более доступные в текущих материалах Госкомстата РФ:

- 1) общая смертность,
- 2) общая рождаемость,
- 3) браки,
- 4) разводы,
- 5) общая преступность.

Для каждого параметра устанавливается диапазон приемлемых вариаций среди регионов РФ: от относительно неблагоприятного уровня (принимаемого за 0 баллов) до относительно благоприятного уровня (принимаемого за 100 баллов). При делении 100 баллов на выбранный диапазон получается «стоимость» одной единицы диапазона параметра. В целом методика шкалирования частных индексов и расчета интегрального индекса качества жизни сходна с методикой расчета индекса развития человеческого потенциала и его компонент (индексов долголетия, образования и обеспеченности), используемых ООН. Отличие предлагаемой методики заключается в том, что она не предполагает усечения экстремально высоких или низких уровней вычисляемых индексов. Ниже приводятся диапазоны вариаций и цены делений параметров, используемых при расчете индекса качества жизни.

Таблица 1

**Диапазоны вариаций и цены деления параметров
для расчетов индекса качества жизни**

Параметры	Диапазон вариаций	Цена деления
Продолжительности жизни (лет)	60—80	5,0
Общая смертность (на 1000)	6—15	11,1
Суммарная рождаемость (на 10)	15—35	5,0
Общая рождаемость (на 1000)	10—30	5,0
Браки (на 1000)	6—11	20,0
Разводы (на 1000)	1—5	25,0
Самоубийства и несчастные случаи (на 10 000)	50—250	0,5
Убийства (на 100 000)	4—20	6,25
Грабежи и разбои (на 10 000)	2,5—15	12,5
Общая преступность (на 1000)	4—20	6,25

При крайне неблагоприятных показателях величина ИКЖ может оказаться меньше 0, а при чрезвычайно хороших — более 100.

Единство цели и средств.

Достаточно ли добиваться улучшения качества жизни, чтобы быть уверенным в правильности государственного курса? Стоит ли обращать внимание еще и на средства, используемые для достижения цели?

Известны три основных средства воздействия на качество жизни: 1) обеспечить людям то, в чем они нуждаются, влияя на условия их существования; 2) изменить общественные приоритеты, перемещая внимание от одних ценностей к другим; 3) сместить планку требовательности к условиям жизни. Например, ограничение информированности населения, сокращение кругозора по сравнению с другими народами способны сделать людей менее требовательными, сопровождаясь повышением качества жизни. Чем меньше социальные запросы, тем выше удовлетворенность существующим положением вещей. И наоборот.

К тому же люди способны управлять качеством жизни сугубо посредством духовных и волевых усилий, вопреки объективным обстоятельствам. Так, за период 1995—1998 гг. в России на фоне продолжающегося ухудшения социально-экономических показателей отмечалось значительное улучшение качества жизни, о чем свидетельствует снижение смертности, убийств, самоубийств, преступности. Этот эффект можно ошибочно интерпретировать как результат адекватной политики властей. В действительности же улучшение показателей качества жизни обусловлено адаптацией населения к существующему политическому режиму после потрясений 1991—1993 гг. и предшествовавшего периода «перестроечной» нестабильности.

Получается, что улучшить качество жизни на определенный срок можно и пагубными средствами, перемещая сознание людей в мир грез и ложных приоритетов. В таком случае, если снижение качества жизни однозначно говорит об ухудшении социальной ситуации, то его рост не всегда означает, что положение улучшилось.

Из этого следует, что «компас» правильного пути должен включать не только цель движения, но и главные средства ее достижения. Опыт показал пагубность большевистской установки, согласно которой «для достижения цели все средства хороши». Но столь же пагубно и меньшевистское утверждение, будто «цель — ничто, движение — все». При гармоничном развитии требуется учитывать как стратегию пути, так и тактику движения. Вместо метафизического «или-или» должно быть диалектическое «и-и». Только в единстве обеих противоположностей возможно достижение истинного благополучия народа.

Таким образом, материальный достаток не исключается из характеристик социального прогресса. Он обязательно должен учитываться, но не как цель, а как средство. Основными индикаторами уровня жизни могут служить следующие показатели:

- объем промышленного производства на душу населения,
- объем сельскохозяйственного производства на душу населения,
- покупательная способность реальных доходов населения,
- доля заработной платы в ВВП,
- доля расходов на социальную сферу в ВВП,

— разрыв доходов 10% самых богатых представителей населения страны и 10% самых бедных.

К условиям полноценного повышения качества жизни относится владение населением необходимой информацией о наиболее важных социально-экономических процессах, происходящих в стране и мире.

Эргономичное управление государством.

Параметры качества жизни служат не только целью социального прогресса, но и его условием. «Развитие человека — это и основная цель, и необходимое условие прогресса современного общества. Это и сегодня, и в долгосрочной перспективе — наш абсолютный национальный приоритет» [2]. Когда показатели качества жизни находятся за пределами допустимого, их нормализация выступает первостепенной задачей государственного управления. Если же они нормальны, общество может ставить на первое место другие цели. В этом случае эффективными будут считаться те действия власти, которые обеспечивают достижение заявленных ориентиров. Их количественные характеристики устанавливаются правительством ежегодно в соответствии с существующим Федеральным законом «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации» [5].

При этом неперенным условием любых реформ должно быть поддержание показателей качества жизни не ниже допустимых пределов. Они есть те «красные флажки», за которые власть не имеет права заступать. В противном случае негативные последствия начинают превалировать над позитивными.

Использование качества жизни как цели и условия социального развития позволит человечеству сделать прорыв к политическому управлению нового типа. Впервые население приобретает мощное «оружие» защиты собственных интересов в виде механизма самоуправления, который через обратную связь осуществляет ежегодную коррекцию ошибочных государственных решений. Главное свойство этого «оружия» — не наказание за ошибку, а предупреждение ее появления или прогрессирования. Тем самым преодолевается отчуждение людей от власти.

Верховные правители окажутся вынужденными нравиться населению не за месяц до выборов, а на протяжении всех лет своего правления. По иному станут предлагаться и непопулярные меры. Общество предварительно будет подготавливаться к нововведениям, чтобы принимать их с согласием. Тогда они превращаются из непопулярных в вынужденные, но желаемые. Так бывает с болезненной операцией, несущей облегчение, на которую идут с надеждой.

В политике станет действовать самонастраивающийся механизм, обеспечивающий поиск не абстрактно идеального строя, а оптимального для конкретного народа. Становится возможным социальное моделирование, основанное не на решениях сверху, а на внутренних потребностях конкретного общества. Для одних народов потребуются больше экономических свобод, для других — планового начала. Кому-то милее монархия, кому-то — парламентская республика. Но в любом случае выбор осуществляется волей народа, направленной на уменьшение горя и увеличение радости. Впервые гражданское общество станет владеть техноло-

гиями, способными сделать его гражданским не на словах, а на деле. Эргономика как наука об оптимальных формах организации труда распространит свои законы и на политическую деятельность.

Введение ответственности государства за последствия проводимой политики заставит бюрократический аппарат и сменяющиеся на выборах режимы действовать преемственно, исходя из интересов страны в целом. Подобная непрерывность являлась прежде достоинством монархии. Теперь ею способна овладеть и демократия. Кто бы ни пришел к управлению страной, всякий должен осуществлять те преобразования, что совпадают с национальными интересами.

В мировом масштабе регулирование жизнедеятельности человечества по критерию качества жизни есть тот механизм, который обеспечит движение к пост-индустриальному обществу устойчивого развития. Это потребует иного подхода и к определению цивилизованности государств. В настоящее время доминируют технико-экономические критерии, согласно которым Индия, Китай с их многотысячелетней культурой считаются менее цивилизованными, чем 220-летние США. С позиций гармоничного общества такого недостаточно. Следовательно, для характеристики цивилизованности народов потребуется более сложный инструмент оценки, учитывающий взаимодействие материальных и духовных ценностей.

Поскольку качество жизни зависит одновременно от бытия и сознания, постольку государственная политика неизбежно окажется ориентированной не только на экономические интересы, но и духовные, развивая стремление к справедливости, взаимопомощи, свободе, порядку, социальной поддержке и т.д. Потребностью общества станет не только удовлетворение текущих собственных желаний, но и забота о будущих интересах потомков.

С экологической точки зрения новый вектор исторического развития несет большой оптимистический потенциал. Для достижения высокого качества жизни потребуется на две трети меньшая нагрузка на природу, чем для достижения большого богатства.

С гуманистических позиций мечта дожить до высокого качества жизни становится вполне реальной для большинства землян, поскольку потребует не максимальных уровней душевного ВВП, как у американцев или швейцарцев, а в 3—4 раза меньше.

Важно, что переход человечества к более гуманной цели прогресса не потребует насильственного отказа от предыдущей, вытеснив ее естественным путем. Прежняя цель (стремление к высокому уровню жизни) порождала неприемлимое материальное противостояние и социальную несправедливость. Новая цель (стремление к высокому качеству жизни) будет способствовать объединению на равноправной основе подавляющего большинства населения планеты.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Винер Н.* Кибернетика, или управление и связь в животном и машине (второе издание). — М.: Наука, 1983.
- [2] *Путин В.В.* «О стратегии развития России до 2020 года». Выступление на заседании Государственного совета (08.02.08).

- [3] Русинова Н.Л., Панова Л.В., Сафронов В.В. Экономические и социальные факторы продолжительности жизни в России: межрегиональный анализ. Интернет-конференция «Охана здоровья: проблемы организации, управления и уровни ответственности». 16.04.07— 15.06.07. <http://www.ecsocman.edu.ru/db/msg/308461/print.html>
- [4] Качев А.Н., Луценко Е.В. Качество жизни населения как интегральный критерий оценки эффективности деятельности региональной администрации. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Экономические науки. Номер: 4(02), февраль 2004. <http://www.ej.kubagro.ru/2004/02/14/>.
- [5] Федеральный закон «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации».

THE HUMAN ECOLOGY: THE MECHANISM OF THE INNOVATIVE DEVELOPMENT MANAGEMENT ON THE LIFE QUALITY CRITERIA

I.A. Gundarov

The laboratory of functions and methods of health care management
The research institute of the public health and health care management
of the Sechenov Moscow Medical Academy
Zubovsky bul'var, 37/1, Moscow, Russia, 119021

O.V. Zakharyatcheva, V.N. Krutko, T.M. Smirnova

The laboratory of the systems analysis and information
technologies in medicine and ecology
The Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences
Prospect 60-letya Otyabrya, 9, Moscow, Russia, 117312

A.Ya. Chizhov

Department of Ecology
Russian People's Friendship University
Podolskoye Shosse str., 8/5, Moscow, Russia; 113093

The article is devoted to the development of the principles and mechanisms of Russian population life quality management. The mechanism of the state management is examined as a cybernetics system with the return connections. As the purpose of the management the life quality of the population is proposed. The method of life quality index calculation based on the specific indicators of life quality is told. The choice of the indicators corresponding to the demands of information completeness and reliability is motivated.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ИНСПЕКТОРОВ ДОРОЖНО-ПАТРУЛЬНОЙ СЛУЖБЫ г. МОСКВЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА И ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ*

К.Ю. Михайличенко, А.А. Касьяненко

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское ш., 8/5, Москва, Россия, 113093

В работе рассмотрены факторы риска возникновения экологически обусловленных заболеваний у сотрудников дорожно-патрульной службы при существующих условиях труда. Основными факторами риска являются шумовое и химическое загрязнение атмосферного воздуха от автотранспортных средств. Количественно оценен потенциальный риск для здоровья сотрудников дорожно-патрульной службы, создаваемый автотранспортом.

В современных условиях одной из важнейших медико-экологических проблем является оценка риска здоровью человека, который обуславливается загрязнением окружающей среды. Основным источником загрязнения воздушного бассейна г. Москвы является автотранспорт. Удельный вклад выбросов от автомобилей в общее загрязнение атмосферы города превышает 90%. Проблема загрязнения воздуха автотранспортом обостряется ввиду непрерывного увеличения парка эксплуатируемых автотранспортных средств, уплотнения автотранспортных потоков, нестабильности показателей самих мероприятий по снижению загрязняющих веществ в процессе эксплуатации. Автотранспорт является основным и постоянным источником шумового воздействия, доля которого составляет около 80% в общем шумовом потоке населенных пунктов, а уровень звукового давления — до 90 дБА.

Одной из профессиональных групп, по роду деятельности подвергающихся действию шумового и химического автотранспортного загрязнения, являются инспектора дорожно-патрульной службы. Сотрудники дорожно-патрульной службы составляют значительный контингент в системе ГУВД г. Москвы — около 6% от их общего числа, количество их будет увеличиваться в связи с непрерывным ростом автомобильного парка города. Состояние здоровья инспекторов ДПС в целом, и слуха в частности, имеет большое значение для качественного выполнения ими профессиональных обязанностей. Для оценки обстановки на автотранспортных магистралях необходимо сохранить пространственное восприятие, определение источника, характера и силы звука, сохранить разборчивость речи в условиях выраженного шумового фона улицы, при общении по радиосвязи и непосредственно с участниками дорожно-транспортного движения.

В этой связи возникает задача определения риска для здоровья данной профессиональной группы. Во многих странах, в том числе и в России, с этой целью активно используется методология оценки риска, которая основана на выявлении

* Данная статья написана в рамках реализации Инновационной образовательной программы РУДН «Создание комплекса инновационных образовательных программ и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих эффективно реализовывать государственные интересы РФ через систему экспорта образовательных услуг».

и прогнозировании вероятности развития неблагоприятных эффектов действия факторов среды обитания на человека и является стержнем концепции экологической безопасности в мире. Оценка риска позволяет сравнивать и ранжировать канцерогенные и неканцерогенные эффекты воздействия загрязнения среды и определять их приемлемость.

Таким образом, в связи с продолжающимся ростом автотранспортного парка г. Москвы и, следовательно, увеличением общего шумового фона и загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, создаваемых автомобилями на городских улицах и магистралях, акустическая и химическая обстановка на мобильных и стационарных постах дорожно-патрульной службы г. Москвы вызывает особый интерес для экологических исследований.

В связи с вышесказанным была проведена оценка потенциального риска возникновения экологически обусловленных заболеваний у сотрудников ДПС при воздействии транспортного шума и отработавших газов автомобилей.

Исследования условий труда сотрудников ДПС проводились на девяти стационарных и мобильных постах дорожно-патрульной службы.

Для последующей количественной оценки химического риска анализировались вещества, традиционно контролируемые в системе мониторинга города: бензол, бенз(а)пирен, диоксид азота, диоксид серы, стирол, толуол, формальдегид, ксилол, оксид углерода. Измерения уровней шума проводились в наиболее актуальные для исследования временные периоды суток: утренний час-пик, дневное время, вечерний час-пик.

Для описания негативного воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье, которое может реализоваться в форме немедленных токсических или хронических проявлений, использовались две группы моделей: пороговые и беспороговые.

Для оценки немедленных токсических проявлений применялись модели индивидуальных порогов [2].

Для описания риска хронической интоксикации использовались методика Агентства по охране окружающей среды США [7] и созданные на ее основе отечественными гигиенистами Руководства по оценке риска [4; 5]. Применялась линейно-экспоненциальная (беспороговая) модель [5], так как вероятность возникновения хронических заболеваний не имеет заметного порога по концентрации и определяется дозой вредного воздействия, накопленной человеком за весь период контакта.

Для оценки хронических специфических эффектов (канцерогенного риска) использовались методика Агентства по охране окружающей среды США [7] и российские Руководства по оценке риска [4; 5].

Проведенные исследования показали следующее.

В результате анализа акустической обстановки на стационарных постах дорожно-патрульной службы г. Москвы, формируемой транспортными потоками, были выявлены значительные (в 1,2—1,4 раза) превышения допустимых значений эквивалентных уровней шума.

Анализ химического загрязнения воздуха отработавшими газами автомобилей в зоне выполнения профессиональных обязанностей сотрудниками ДПС не вы-

явил превышений предельно-допустимых концентраций по приоритетным для автотранспорта соединениям для воздуха рабочей зоны, однако обнаруженные концентрации этих веществ являются опасными для населения, постоянно проживающего вблизи обследованных автомагистралей.

Анализ полученных значений потенциального риска для здоровья при действии транспортного шума показал, что значения риска возникновения немедленных эффектов и риска от хронического воздействия транспортного шума для здоровья инспекторов дорожно-патрульной службы, дежурящих на обследуемых постах ДПС, могут рассматриваться как опасные (до 90%) и вызывающие опасение (до 40%), соответственно, так как при этом возможны массовые случаи жалоб на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора при достоверной тенденции к росту общей заболеваемости, а также появлению других эффектов неблагоприятного воздействия. Суммарный канцерогенный риск составляет порядка (10^{-4}) и общетоксический (< 1). Риски для здоровья при воздействии отработавших газов автомобилей являются приемлемыми для условий производственного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Здоровье населения и окружающая среда / Методическое пособие. — Вып. 3 — Т. 1. — Ч. 3. — М.: Фед. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001.
- [2] Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка риска здоровью. — СПб.: Дента, 1997.
- [3] Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Рахманина Ю.А., Онищенко Г.Г. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002.
- [4] Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Р 2.2.1766-03. — М., 2003.
- [5] Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. — М., 2004.
- [6] Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03. — М., 2003.
- [7] Duffus J.H., Park M.V. Chemical Risk Assessment / Training Module. — UNEP/IPCS, 1999. — № 3.

THE ESTIMATION OF POTENTIAL RISK FOR HEALTH OF THE ROAD-PATROL SERVICE INSPECTORS OF MOSCOW AT INFLUENCE OF THE TRANSPORT NOISE AND EXHAUST GASES

K.Yu. Mikhaylichenko, A.A. Kasianenko

Ecological Faculty
Russian Peoples Friendship University
Podolskoye Shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

The research has been done in order to study the risk factors of occurrence of ecologically caused diseases of the road-patrol service employees under existing working conditions. Major factors of risk are noisy and chemical pollution of atmospheric air from vehicles. The potential risk for health at the road-patrol service employees, created by motor transport, is quantitatively estimated.

ПСИХОТРОННОЕ ОРУЖИЕ. ВОЗДЕЙСТВИЕ СКРЫТЫХ КОМАНД НА ПОДСОЗНАНИЕ ЧЕЛОВЕКА *

Д.В. Назаров, В.Р. Ахмедзянов

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

Общеизвестный факт: человек — система, открытая для целенаправленного информационного влияния. С появлением новейших способов ведения информационных войн, возникновением глобальных сетей, приборов и технологий ситуация в современном мире кардинально изменилась. Появилась реальная возможность влиять на психику и сознание человека помимо его воли. Этим могут заниматься и, вероятно, давно уже применяют на практике силовые структуры, криминальные группировки и т.д.

Первые реальные попытки создать инфразвуковое оружие предприняли немцы во время Второй мировой войны. В 1940 году они задумали подбросить англичанам множество специальных копий грампластинок с записями популярных исполнителей, но с добавкой инфразвука. План состоял в том, чтобы вызвать у слушателей смятение, чувство страха и прочие психические расстройства. Германские стратеги упустили из виду, что никакие проигрыватели тех лет не могли бы эти частоты воспроизвести.

В России и США усиленными темпами, в обстановке строжайшей секретности идет создание принципиально нового вида оружия массового поражения, прозванного журналистами «психотронным». Термин «психотронное оружие» не совсем правильный, так как при облучении и последующей специальной обработке поражается не только психика человека, но и весь организм в целом, поэтому более подходит термин «пучковое». В США работы в этой области ведутся в Центре перспективных физических исследований, также задействованы около ста сота различных организаций, которые проводят исследования по созданию психотронного оружия.

В наши дни даже в новостях все чаще можно услышать факты использования психотронного оружия. Примером могут послужить недавние события в Грузии. Чтобы разогнать митинг оппозиции 7 ноября, власти Грузии применили психотронное оружие — американский акустический генератор, вызывающий у людей чувство паники и психические расстройства. Генераторы были установлены на полицейских джипах и представляли собой шестиугольные щиты на подвижной стойке, издававшие резкий свист. Эти щиты, будучи направлены в сторону демонстрантов, обращали тех в бегство, утверждает газета «Московский комсомолец».

* Данная статья написана в рамках реализации Инновационной образовательной программы РУДН «Создание комплекса инновационных образовательных программ и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих эффективно реализовывать государственные интересы РФ через систему экспорта образовательных услуг».

Многие участники митинга обратились в больницы в течение трех следующих дней после разгона демонстрации с жалобами на резкое ухудшение психического состояния. Пациенты жаловались на приступы агорафобии, или боязни открытых пространств: им было страшно выйти из дома, пойти в магазин, кафе, спуститься в метро или просто пройти по улице. Страх и отвращение на физическом уровне вызывали незнакомые люди, толпа: оказавшись, например, в переполненном вагоне метро или автобусе, пострадавшие испытывали удушье, у них пересыхало во рту, их бил озноб или повышалась температура. Некоторые отмечали у себя кратковременные провалы в памяти.

В качестве другого примера можно привести намерения Израиля использовать новое оружие против еврейских поселенцев, которые будут сопротивляться эвакуации из сектора Газа. Оружие это достаточно необычное: устройство испускает звуковые импульсы, которые вызывают у людей сильное головокружение и тошноту.

Известно, что установка весит порядка 20 кг, имеет «тарелку» полусферической формы диаметром около метра и внешне похожа на прожектор или локатор. Она производит узконаправленный пронзительный звук высокой частоты, похожий на вой пожарной сирены, но гораздо громче. Громкость LRAD достигает 150 дБ и может даже повредить слуховой аппарат человека (для сравнения: у пожарной сирены — 80—90 дБ). При этом частота звуковых колебаний составляет 2100—3100 Гц. Но такие характеристики звук имеет только внутри узкого луча, так что звуковой удар не вредит оператору, а поражает только врагов. «Пушка» воздействует на противника силой звука, оглушая его и вызывая болевой шок.

Помимо физического воздействия, психотронное оружие может нести скрытую угрозу воздействию на подсознание.

Истоки сильной внушаемости посредством слова уходят вглубь веков. Они связаны с историей возникновения речи, когда первые слова обладали скорее суггесторным воздействием, чем информационным. Поэтому наша психика очень чутко и по сути дела автоматически реагирует на любое слово, даже если оно произнесено очень тихо.

Примером эффективного применения психотронного оружия может служить война против Югославии, когда всему миру навязывались стереотипы, противоречащие здравому смыслу: защищающий страну С. Милошевич — враг, а албанские террористы — освободители. Или война в Ираке, когда всему миру «объяснялось», что причиной вторжения в страну объединенных войск коалиции явилось якобы наличие у Саддама Хусейна некоего сверхопасного секретного оружия массового уничтожения. Не важно, что в оккупированном Ираке такого оружия не найдено и не могло быть найдено по причине его отсутствия, важно было сформировать у мировой общественности образ Хусейна-монстра, врага демократии, кровавого тирана и т.д., чтобы оправдать американскую «демократическую» агрессию.

Однако открытые формы информационно-психологического воздействия менее эффективны по сравнению со скрытыми методами и средствами воздейст-

вия на психику людей, позволяющими направлять их желания, формировать мировоззрение, навязывать «нужное» решение без их на то согласия.

На практике это происходит следующим образом. Информационно-психологические воздействия скрытого типа направлены на прямую манипуляцию сознанием человека через его подсознание. Причем человек не осознает факта такого воздействия. Это так называемые психотронные средства, суггестивные (внушение, массовый гипноз).

Воздействие на подсознание человека возможно и при помощи сигналов слабой энергетики, не ощущаемой человеком. Это происходит скрытно, на фоне потока других аудио- и видеосообщений. Наиболее отработанный прием акустического воздействия — звук ниже порога слышимости на фоне более громкой маскирующей информации. Пример тому — большинство телевизионных сериалов, действие которых происходит на фоне шумов улицы, музыки и других звуковых раздражителей. Зритель не отдает себе отчета, что вынужден подчиняться не логике и разуму, а требованиям внушающего лица.

Основным приемом скрытой суггестии является предъявление акустических стимулов ниже порога слышимости на фоне более громкой маскирующей информации. Внешне такая ситуация похожа на методы маскировки в случае зрительного анализатора. Однако эта аналогия неправомерна, поскольку зрительный и слуховой анализаторы принципиально различны: зрительный анализатор является параллельным, т.е. в один момент времени по многим входам одновременно поступает информация, формирующая зрительный образ; слуховой же анализатор работает последовательно. Т.е. слуховой образ формируется из последовательно поступающих на слуховую мембрану акустических колебаний, причем длительность формирования слухового образа вполне определена для осознания и сократить ее невозможно [1].

При акустическом предъявлении нет временного разделения вербального стимула и маскира. Поэтому интерференция суггестивной и маскирующей информации происходит уже на уровне слуховой мембраны. Другими словами, полезная информация блокируется в периферических отделах слухового анализатора. Увеличение же уровня суггестивной информации относительно маскирующей приводит к ее осознанию [4].

Защита от психотронных воздействий обычная, как от звука — различные звукопоглощающие материалы (матрасы в простейшем случае или строительные звукопоглотители). Поскольку применяемые частоты человек на слух не воспринимает, для контроля за шумовой чистотой необходимо применять широкополосные измерители уровня шума. Звуковые колебания могут проходить через звуковые экраны, поэтому, если экранировать комнату, наружный слой должен состоять из электрентных пленок, потом металлическая фольга, потом звукопоглотители. Электрентные пленки — это диэлектрические пленки (полиэтиленовые, целлофановые, фторопластовые и т.д., заряженные ионами воздуха с высоким положительным потенциалом — 10 кВ и выше) [2].

В настоящее время не существует достаточных гарантий защиты человека от угроз, связанных с нарушением безопасности его психического состояния

и здоровья неосознаваемыми информационными воздействиями, включая: искусственное привитие ему психической зависимости; манипуляцию общественным сознанием с использованием специальных средств воздействия.

Под информационно-психологической безопасностью понимается состояние защищенности психики человека от деструктивного информационного воздействия (внедрения разрушительной и иной вредоносной информации в сознание или подсознание человека), приводящего к неадекватному восприятию действительности, к ущемлению прав и жизненно важных интересов личности.

Государственных экспертиз никто не проводит. Следовательно, факты облучений доказать невозможно. А значит, нельзя привлечь к ответственности и виновное лицо. Да и сама ответственность за подобные деяния не предусмотрена: ни уголовная, ни административная.

Все это означает только одно — облучение будет продолжаться и дальше, а жертв — становиться все больше. Ведь никаких препятствий этому нет.

По фактам направленного облучения людей можно обращаться: в Международный альтернативный суд (www.asud.us), в Московский комитет экологии жилища (www.moscomeko.ru). Там вам окажут психологическую поддержку, помогут организовать замеры электромагнитного излучения в квартире, дадут советы по очистке организма и жилища, расскажут о форме подачи заявления в Европейский суд по правам человека. Это все, что они могут.

В настоящее время в Российской Федерации не возбуждено ни одного уголовного дела по факту направленного облучения человека. Ни одно виновное лицо не привлечено к ответственности в гражданском порядке [5; 6].

На экологическом факультете РУДН были поставлены эксперименты по воздействию на подсознание с использованием доступных технических средств с целью продемонстрировать возможность создания комплексных программ, позволяющих добиться эффекта управления сознанием человека.

Существует целый спектр методов так называемого суггестивного воздействия. Эффект воздействия достигается путем воздействия на сознание человека в присутствии логики (т.е. в обычном состоянии сознания). Основным приемом скрытой суггестии является предъявление акустических стимулов ниже порога слышимости на фоне более громкой маскирующей информации. Растлевающее подсознательное сообщение накладывается на громкую музыку в виде слабого инфразвука (14—20 Гц) или ультразвука (17 000—20 000 Гц), не слышимого ухом, но воспринимаемого подсознанием [3].

В данной статье мы бы хотели продемонстрировать возможность создания долговременных многоцелевых комплексных программ, позволяющих добиться эффекта управления сознанием человека, так сказать, «в домашних условиях».

С помощью звукового редактора на музыкальную композицию были наложены речевые команды на частоте, близкой по значению к инфразвуку. В память компьютера были записаны 8 команд.

Далее частота воспроизведения этих команд изменялась до 20 Гц, после чего фраза переставала быть слышимой человеческим ухом, но не подсознанием. За-

тем производилось наложение команд на музыкальные композиции, в режиме моно. Наложение можно осуществлять в различных вариациях: растягивать на всю музыкальную композицию, повторять в течении всей композиции с различными интервалами, изменять амплитуду, частоту и т.д. Лучше выбрать более громкую и быструю музыку, проведенные исследования показали, что она усиливает эффект воздействия. В данном эксперименте команды были записаны с повторением через каждые 2 секунды на спокойную, мелодичную, приятную слуху песню длительностью 3 минуты. В результате были получены композиции со скрытыми командами.

Показателем эффективности скрытых команд являлось выполнение заданных команд.

Согласно описанной выше методике 45 групп людей были подвергнуты аудиовоспроизведению записей через колонки 5.1, с наложением речевых команд на частоте 20 Гц, громкостью 50 дБ, в течение 3 мин. на каждую композицию с командой. В память компьютера были записаны 8 команд: «посмотри наверх», «повернись к соседу», «нарисуй круг», «посмотри в окно», «закрой тетрадь», «достань телефон», «возьми карандаш» и «повернись назад». На столе перед испытуемыми находились тетради, карандаши и различные канцелярские предметы, не относящиеся к эксперименту, для отвлечения внимания.

Опыт проводился в 45 группах людей, количество человек в одной группе не превышало 15, общее число испытуемых составило 602 человека. В каждой группе проигрывалась серия из десяти композиций и наблюдалась реакция на команды, которые в данный момент времени были зашифрованы в музыке.

Испытуемые не знали о цели эксперимента, занимались своими повседневными делами. Целью эксперимента было выявление возможности подсознательного акустического воздействия на человека.

Эффективность команды k в отдельной группе i вычислялась следующим образом:

$$E_{i,k} = \frac{N_{i,k}^{\text{полож}}}{N_{i,k}^{\text{общее}}} \cdot 100\% - E_{\text{контр}},$$

где $N_{i,k}^{\text{полож}}$ — количество положительных реакций на команду в данной группе;

$N_{i,k}^{\text{общее}}$ — общее количество возможных положительных реакций на команду в данной группе;

$E_{\text{контр}}$ — эффективность команд в контрольной группе. В качестве «положительной реакции» принимался человек, который хотя бы раз прореагировал на команду.

Наибольшая активность отмечена при выполнении простых команд, таких как «повернись к соседу» и «возьми карандаш». Наименьшая — «закрой тетрадь» и «повернись назад».

Общая эффективность метода скрытых команд (по всем испытуемым и всем командам) составила 7,7%. Это означает, что из ста человек 7—8 достоверно про-

реагируют на какую-либо зашифрованную команду. С одной стороны, данное значение располагается близко к области статистических отклонений, с другой — при больших масштабах могут проявляться значимые реакции. Например, если сопоставить испытываемую аудиторию с масштабами страны с населением 100 млн человек, то под воздействие попадут 7—8 млн. Данное влияние вполне возможно, учитывая распространенность теле- и радиоСМИ.

В данный момент осуществляется постановка ряда экспериментов по индивидуальному воздействию скрытых команд на подсознание.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гизе К. Акустические модели биологических тканей и органов // Сб. тезисов международного симпозиума «Акустические свойства биологических объектов». — Изд-во Научного центра биологических исследований АН СССР в Пушкино, 1984. — С. 41—42.
- [2] Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. — М.: Наука, 1984.
- [3] Мозжухина Н.А. Оценка состояния здоровья лиц, работающих в условиях низкочастотного шума // Сб. научных трудов ЛСГМИС. — Л., 1988. — С. 70—73.
- [4] Прокофьев В.Ф. Тайное оружие информационной войны: атака на подсознание. — М.: Синтег, 2003.
- [5] <http://informacia.ru/security/infrazvukovoe.htm>
- [6] <http://www.explosive.ru/1/4/303.html>

PSYCHOTRONIC WEAPONS. THE POWER OF HIDDEN COMMANDS TO HUMANS MIND

D.V. Nazarov, V.R. Ahmedzyanov

People's friendship university of Russia
Podolskoye sch., 8/5, Moscow, Russia

That it is feasible to manipulate human behavior with the use of subliminal, either sound or visual, messages is now generally known. This is why in most of the countries the use of such technologies, without consent of the user, is banned. Psychotronic weapons remain, at least for a layman uninformed of secret military research, in the sphere of science fiction, since so far none of the published scientific experiments was presented in the way which would allow for its replication.

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ РИСКОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

В.Н. Крутько, Е.В. Пуцилло

Лаборатория системного анализа и информационных технологий
Институт системного анализа РАН
Проспект 60-летия Октября, 9, Москва, Россия, 117312

А.Я. Чижев

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

Уникальные свойства наноматериалов требуют пересмотра существующей методологии оценки рисков для здоровья населения. В данной статье проведен анализ применимости данной методологии к оценке влияния нанотехнологий и нанопродуктов на организм человека и сделан ряд предложений по ее модернизации.

Введение.

Последние годы гигантскими шагами идет прогресс развития нанотехнологий, «то есть технологий направленного получения и применения веществ и материалов в диапазоне размеров до 100 нм» [1], вовлекая все новые и новые предприятия, агентства и целые республики РФ (например, Чувашия до 2011 года планирует направить на развитие био- и нанотехнологий свыше 17 млрд рублей). Одним из главных направлений развития нанотехнологий считается разработка новых дешевых продуктов питания, лекарственных препаратов, предметов народного потребления, то есть всего, что является жизненно важным для человека. В связи с этим следует подчеркнуть, что многочисленные преимущества нанотехнологий не должны заслонять их возможные негативные влияния на здоровье населения.

Особое беспокойство вызывает то, что быстрая разработка и внедрение нанотехнологий происходит без фундаментального анализа их воздействия на организм человека и в отсутствие критериев оценки их безопасности.

Проблеме оценки безопасности нанотехнологий в России в последние годы посвящены Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 54 от 23.07.2007 «О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы» и информационное письмо Роспотребнадзора № 0100/4502-07-02 от 02.05.2007 «О надзоре за производством и оборотом продукции, содержащей наноматериалы». В 1997 году вышло постановление об использовании методологии оценки риска в РФ, которая дает количественные критерии безопасности различных веществ и технологий [1].

Однако процесс оценки нанотехнологий затруднен из-за необычного поведения наноматериалов. Тем не менее, оценка риска должна проводиться на каж-

дом этапе разработки и внедрения нанотехнологий, нельзя допустить бесконтрольного использования потенциально опасных технологий.

В данной работе анализируется степень применимости методологии оценки риска и изменения, которые необходимо внести для ее адаптации к нанотехнологиям. Общепринятая методология оценки риска подробно описана в книге, опубликованной авторами настоящей статьи [2].

Анализ применимости традиционной методологии оценки рисков для наноматериалов. Вопрос о применимости методологии оценки рисков для наноматериалов был поставлен в работе [1]. «Для наноматериалов в связи с особенностями их строения и поведения данная методология может быть применима ограниченно (или неприменима) в связи со следующими причинами:

— токсикологические свойства наноматериалов являются результатом не только их химического состава, но и других особенностей, таких как размер, форма, состав, химическая реактивность и др.;

— токсичность наноматериалов не может быть оценена относительно массовой концентрации, так как определяющими свойствами могут быть величина площади или число наночастиц (наноматериалы могут быть токсичными, тогда как эквивалент в обычной форме в этой же концентрации безопасен);

— отсутствуют стандартизованные индикаторы нанотоксичности, учитывающие размер, форму, состав, химическую реактивность и др.;

— отсутствуют надежные данные об органах-мишенях действия конкретных наноматериалов;

— методы выявления, идентификации и количественного определения в объектах окружающей среды, пищевых продуктов и биосредах, которые могли бы достоверно отличить их от химических аналогов в макродисперсной форме, недостаточно разработаны;

— отсутствуют или недоступны новые базы данных и математические модели, опирающиеся на достижения биоинформатики и на экспериментальные данные по токсичности отдельных наноматериалов».

Можно еще добавить, что уникальные свойства каждого вида и потенциальная подвижность создаваемых наночастиц, наряду с отсутствием мобильных мониторов для их обнаружения, создают сложные проблемы для оценки наноматериалов в процессе всего их жизненного цикла.

Проанализируем теперь один из важнейших показателей, применяемых при оценке влияния на здоровье человека, а именно биологически эффективную дозу или, как ее еще называют, интегрированную дозу [2]. Она используется для подсчета количества загрязнителя (или метаболита), который реагирует с клеточными макромолекулами и влияет на изменение физиологических функций. Биологически эффективная доза учитывает сопротивление организма воздействию, которое подсчитывается путем приближенного вычисления параметра p . Если, например, вредное вещество легко выводится из организма, то эффективная доза будет минимальной, а для веществ, которые практически не выводятся из орга-

низма (к ним относятся многие нанопродукты), p будет приблизительно равно 1. Математически ее можно выразить так:

$$D = \int_0^t f(x)g(ab)p(as, rd, el, me)C(t)dt, \quad (1)$$

где $f(x)$ — частота контакта,
 $g(ab)$ — переменная, зависящая от органа или системы, находящихся под воздействием, и их биологической доступности, влияющей на степень абсорбции (ab);
 $p(as, rd, el, me)$ — переменная, зависящая: от природы ассимиляции загрязнителя (as), восстановления клеток или повреждения (rd), выделения (el) и метаболизма (me);
 $C(t)$ — концентрация загрязнителя.

Когда речь идет о воздействии агента на здоровье человека, то необходимо определить пути его проникновения в организм, учитывая, что воздействие может происходить по нескольким путям: через кожу, дыхание и т.д.

Величину дозы оценивают из измерений количества загрязнителя, метаболитов или других составляющих в клетках, тканях и жидкостях. Примерами индикаторов могут служить органические эфиры при дыхании, меченые элементы в крови и многочисленные метаболиты в моче. Переменные, использованные для $g(ab)$, требуют знания величин отложений в легких, абсорбции через эпидермальные слои кожи или другие пути экспозиции.

Подходит ли данная формула для подсчета дозы наночастиц или она должна быть модифицирована?

Для ответа на данный вопрос сначала рассмотрим, в чем уникальность наночастиц и как она сказывается на подсчете биологически эффективной дозы.

К настоящему времени уже получены научные данные о вредном влиянии продуктов нанотехнологий [3], некоторые из них приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Примеры воздействий наночастиц на живой организм

№	Наночастицы	Вид и время воздействия	Реакция организма	Объект
1	Серебра, размером 19,8—64,9 нм, концентрации (частиц/см ³): 1,73 · 10 ⁴ 1,27 · 10 ⁵ 1,32 · 10 ⁶	Ингаляция 28 дней: 5 дней по 6 часов, далее пере- рыв 2 дня	Осаждаются в печени, проникают в обонятельную луковицу головного мозга, долго сохраняют токсические свойства. Увеличение в сыворотке крови: γ-глутамилтрансферазы, нейтро- и эозинофилов общего гемоглобина кальция и общего белка	Крысы ж. особи ж. особи оба пола
2	Нанокристаллы полупроводниковые, содержащие CdSe/ZnS, ультратонкие с диаметром 3,2 нм, фосфолипид-инкапсулированные, водный раствор с концентрацией 7 мг/м ³	Ингаляция интраназальная 3 часа ингалятором со скоростью потока 8 л/мин	Проникает через обонятельный тракт в головной мозг и центральную нервную систему. В период до 5 часов после воздействия обнаружены в селезенке, почках, легких. Увеличение массы и некроз гепатоцитов в печени. Повышение лактат- и гидроксibuтират-дегидрогеназы в сыворотке крови (25 нм)	Животные

Продолжение таблицы

№	Наночастицы	Вид и время воздействия	Реакция организма	Объект
3	Наночастицы TiO ₂ Размер 25 и 80 нм в дозе 5000 мг/кг Ультратонкие частицы TiO ₂ (0,8 мкм, 10 мг/м ³)	Однократное пероральное введение in vivo Ингаляция в течение 1 года	Стимулируют выработку свободных радикалов и обладают сильным окислительным эффектом. Накопление в селезенке, почках и легких, повышение сыворотке крови лактатдегидрогеназы и гидроксibuтиратдегидрогеназы (25 нм), увеличение массы печени и некроз гепатоцитов (80 нм). Снижение продолжительности жизни, снижение массы тела, повышение числа нейтрофилов и фагоцитов в бронхоальвеолярных смывах, воспалительные изменения, эпителиальная полиферация и фибропролиферативное повреждение легких	Крысы
4	Оксид цинка (71 нм), концентрация 10—14 мкг/мл	In vitro в течение 24 часов Электрофорез одиночных клеток в геле	Снижение жизнеспособности клеток. Оксидативный стресс определен по уровню глутатиона, малонового диальдегида и лактатдегидрогеназы. Повреждение ДНК	Культура клеток бронхоальвелярной карциномы человека
5	Диоксид кремния, размер 15 и 46 нм, дозы 10 и 100 мкг/мл	In vitro в течение 48 часов	Дозозависимый цитотоксический эффект и оксидативный стресс	Культура клеток бронхоальвелярной карциномы человека
6	Золото 1,5 нм в концентрации 10 ppm (частиц/млн) 0,8 нм в концентрации 400 ppb (частиц/млрд)	В течение 5 дней	Гибель эмбрионов Выраженный тератогенный эффект независимо от размера	Эмбрионы гиреллы полосатой
7	Алюминий 10 нм 10—100 мкг/мл 5 мг/кг	In vivo На 90-й день	Подавляется синтез м-РНК, вызывается пролиферация В альвеолярном пространстве легких агрегация частиц черного цвета на макрофагах, формирование гранул в основном под эпителием бронхов, часть на бронхах в виде полипов. Гранулемы представляли собой конгломерат макрофагов с черными частицами, с небольшим количеством лимфоцитов, нейтрофилов, эозинофилов и др. воспалительных клеток	Животные
8	Углеродные нанотрубки, содержащие железо (26,9%). Доза 5 мг/кг	8—12 часов	Вялость, гипотермия, тремор при прикосновении, плейоэрекция. Гранулемы в легочной ткани	Животные

Химический состав, размеры и форма — вот те основные параметры наночастиц, которые определяют их токсичность. Заметим, что при одинаковом химическом составе свойства наночастиц и их микроаналогов в корне отличаются, например, наночастицы золота и серебра (см. табл. 1) губительны для живого организма, в то время их микрочастицы имеют полезные свойства.

Из научной литературы известны следующие структурные особенности наночастиц. Естественно, что главной особенностью наночастиц являются их раз-

меры, которые хотя бы в одном направлении не должны превышать 100 нм. При этом мельчайшие наночастицы веретенообразной формы вызывают более разрушительные эффекты в организме, нежели подобные им частицы сферической формы. Физически это можно объяснить так. Веретенообразные наночастицы имеют большую удельную поверхность (отношение площади поверхности к массе S/m) и кривизну поверхности, которая меняет расположение электронов и создает дипольные моменты, увеличивающие активность наночастиц.

Существенным является также количество наночастиц, попавших в организм.

Перечисленные особенности должны быть отражены в вышеприведенной формуле (1) для биологически эффективной дозы. Для этого необходимо ввести дополнительную функцию (F), отражающую, обратнопропорциональную зависимость от величины частиц ($1/V$), а также прямо пропорциональную зависимость от удельной площади их поверхности (S/m).

В случае воздействия однородных наночастиц число частиц автоматически войдет в концентрацию ($C(t)$). В результате, для случая воздействия однородных наночастиц, формула (1) преобразуется следующим образом:

$$D = \int_0^t f(x)g(ab)p(as, rd, el, me)F(1/V, S/m)C(t)dt, \quad (2)$$

где F — отражает влияние размеров и формы наночастиц;
 V — объем;
 S — площадь поверхности;
 m — масса наночастиц.

Если действует поток неоднородных частиц, зависимость более сложная. Формула для дозы будет представлять собой многочлен:

$$D = \sum_i \int_0^t f_i(x)g_i(ab)p_i(as, rd, el, me)F_i(1/V, S/m)C_i(t)dt, \quad (3)$$

где i — номер совокупности частиц с данными структурными характеристиками.

При воздействии отчетливо прослеживается связь «доза—эффект», что дает возможность применить последующие шаги существующей методологии оценки риска.

Рассмотрим теперь, как вышеуказанные структурные особенности наночастиц влияют на их функциональные свойства, которые их отличают от свойств объемного материала.

В работе [4] отмечается, что, во-первых, наночастицы отличаются наличием двумерной метастабильной фазы, обладающей особыми структурными и энергетическими свойствами. Во-вторых, наиболее активные наноструктуры имеют неплоскую форму двумерных слоев, что сопровождается наведением дополнительного дипольного момента и появлением межмолекулярного сопряжения вдоль двумерных границ. В-третьих, появление протяженных плоскостей (особенно сферической и цилиндрической формы) электронного сопряжения возбуждает коллективные электронные и колебательные состояния и способствует делокализации электронов.

Нелокальные изменения состояния электрического поля, регулируемые периодической активацией ДНК клетки (А-В-конформации), лежат в основе периодических процессов транспорта электронов в системе «внешняя среда — биологический объект» и последующего запуска метаболизма клеток. Выявление закономерностей геомагнитного взаимодействия в системе «живой организм — окружающая среда» относится к приоритетной проблеме изучения гомеостаза живых организмов.

В нормальном состоянии человеческий организм благодаря соответствующей активности биорегуляторов (эритроцитов и лейкоцитов) поддерживает динамическое равновесие между некоторыми психическими и физиологическими функциями. Лейкоциты приняли на себя функцию передатчика электронов в метаболические цепи организма и «киллера» чужеродных тел. Эритроциты клеток крови человека являются наиболее эффективными энергетическими накопителями энергии (сверхтекучесть электронов). Наружная мембрана эритроцитов является первичным звеном цепей как специфического, так и неспецифического регулирования энергетического взаимодействия между внешней средой и организмом. Источником поступления электронов в мембрану эритроцитов является геомагнитное поле Земли, то есть внешняя среда — неспецифическая цепь питания организма. Основной же функцией электронов, точнее их «сгустков» — электромагнитных вихрей является формирование строго коррелированной полевой среды в организме.

При биологической оценке нанотехнологий необходимо учитывать коллективное поведение зарядов. Введение биоактивных наночастиц в организм (в том числе и при неконтактном действии через изменения в составе биологической жидкости) будет вызывать рассогласование резонансных состояний биосистем и влиять на их жизнеспособность.

В результате своих уникальных структурных и функциональных свойств наночастицы обладают более высокой токсичностью по сравнению с обычными микрочастицами. Они способны проникать в неизменном виде через клеточные барьеры, через гематоэнцефалический барьер в центральную нервную систему, циркулировать и накапливаться в органах и тканях, вызывая выраженные патоморфологические поражения внутренних органов, а также обладают длительным периодом полувыведения. Кроме того, наночастицы не вызывают защитной иммунной реакции организма, они настолько малы, что организм «не видит» наночастиц.

Необходимо учитывать и возможное влияние продуктов нанотехнологий на генные структуры и механизмы синтеза белка, то есть риск не только для людей, подвергающихся в настоящее время воздействию этих продуктов, но и отдаленного влияния на потомство [5].

Классические органы — мишени для наночастиц зависят от пути поступления — легкие, печень, почки, головной мозг, желудочно-кишечный тракт.

Приведенные в таблице 1 данные и другие данные, опубликованные в научных журналах, о негативном воздействии на организм человека наноматериалов настораживают, но их недостаточно для принятия решения о возможности использования тех или иных нанотехнологий. Управленцы, принимающие реше-

ние, могут применить эти знания лишь после их обобщения, системного анализа, соответствующей обработки и выработки набора критериев. Комплексная оценка возможного вредного воздействия на здоровье позволит избежать необдуманного внедрения опасных технологий.

Заключение.

Проведенный в настоящей работе анализ показал, что для решения задач по оценке нанотехнологий на первом этапе можно использовать методологические подходы теории рисков, однако для этого необходимо определенная коррекция данной методологии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Онищенко Г.Г., Арчаков А.И., Бессонов В.В. и др. Методические подходы к оценке безопасности наноматериалов / Методологические проблемы изучения и оценки био- и нанотехнологий (нановолны, частицы, структуры, процессы, биообъекты) в экологии человека и гигиене окружающей среды (Материалы пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздравсоцразвития РФ) / Под ред. Ю.А. Рахманина. — М., 2007. — С. 4—25.
- [2] Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. — М.: Эдиториал УРСС, 1999.
- [3] Глушкова А.В., Радиков А.С., Рембовский В.Р. Нанотехнологии и нанотоксикология — взгляд на проблему // Токсикологический вестник. — 2007. — № 6. — С. 4—8.
- [4] Рахманин Ю.А., Стехин А.А., Яковлева Г.В. Влияние квантовых состояний нанообъектов на биологические системы / Методологические проблемы изучения и оценки био- и нанотехнологий (нановолны, частицы, структуры, процессы, биообъекты) в экологии человека и гигиене окружающей среды (Материалы пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздравсоцразвития РФ) / Под ред. Ю.А. Рахманина. — М., 2007. — С. 28—40.
- [5] Курляндский Б.А. О нанотехнологии и связанных с нею токсикологических проблемах // Токсикологический вестник. — 2007. — № 6. — С. 2—3.

PROBLEM OF NANOTECHNOLOGY RISK ASSESSMENT: METHODOLOGICAL ASPECTS

V.N. Krutko, E.V. Putsillo

¹The laboratory of the systems analysis and information technologies in medicine and ecology
The Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences
Prospect 60-letya Otyabrya, 9, Moscow, Russia, 117312

A.Ya. Chizhov

Department of Ecology
Russian People's Friendship University
Podolskoye Shosse, 8/5, Moscow, Russia; 113093

Unique properties of nanomaterials demand revision of existing methodology for health population risk assesment. The authors analyze, if the methodology can be used for estimation of nanotechnology influence on human organism, and sugest its modernization.

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОНЦЕНТРАЦИИ РТУТИ, СВИНЦА И КАДМИЯ В ВОЛОСАХ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ХАНТЫ-МАНСЬЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА И ИХ СОДЕРЖАНИЯ В МЕСТНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Т.Я. Корчина

Кафедра госпитальной терапии
Ханты-Мансийский государственный медицинский институт
ул. Розина, 73, Ханты-Мансийск, Россия, 628011

Исследована концентрация Hg, Pb и Cd в волосах взрослого коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа и содержание этих токсичных элементов в местных продуктах питания. Обнаружена прямая достоверная корреляционная связь между концентрацией Hg в волосах ханты и ее содержанием в местной рыбе.

В поддержании здоровья, работоспособности, активного долголетия населения важнейшая роль принадлежит полноценному и регулярному снабжению организма человека необходимыми пищевыми веществами: белками, волокнами, витаминами, микроэлементами. Питание должно удовлетворять не только физиологические потребности организма в пищевых веществах и энергии, но и выполнять профилактические и лечебные задачи.

Помимо этого оно должно соответствовать требованиям санитарных норм и правил по допустимому содержанию химических, радиологических, биологических веществ, микроорганизмов, представляющих опасность для здоровья нынешнего и будущего поколений.

Полноценное питание составляет основу жизнедеятельности организма человека и является важным фактором обеспечения резистентности к физическим и химическим агентам окружающей среды [1].

Для современной урбанизированной окружающей среды при нарастающей техногенной нагрузке важным аспектом неблагоприятного влияния на здоровье населения являются алиментарные токсикологические факторы малой интенсивности. Токсикологические риски связаны, прежде всего, с поступлением в пищу вредных чужеродных химических веществ — ксенобиотиков: ядохимикатов, радионуклидов, тяжелых металлов, пестицидов, нитратов, способных вызывать отравления или отдаленные неблагоприятные экологические поражения. Неспецифические биологические эффекты контаминантов пищи связаны с системным нарушением гомеостаза вследствие постепенного повреждения метаболических, нейрогуморальных, иммунных, генетических и других механизмов. Развивающийся синдром снижения резистентности организма приводит к повышению его чувствительности к воздействию факторов окружающей среды, увеличению числа и ухудшению течения многих заболеваний [2].

Согласно выдвинутой концепции В.В. Ковальского [3], накопление химических элементов организмами определяется не только природой их геохимической среды, но и пищевыми цепями, через которые осуществляется связь организмов

и среды (почвообразующие породы, почвы, микроорганизмы, вода, воздух, растения, животные, человек). Очевидно и наличие взаимодействий между минеральными веществами вследствие их лабильности и способности к образованию связей, что может отражаться в форме микроэлементного дисбаланса [4].

Вмешательство человека в окружающую среду обусловило загрязненность продуктов питания токсическими веществами, которые обладают низким природным уровнем при высокой токсичности и риске поступления их в продукты питания. Существенным, если не первостепенным фактором риска для здоровья является контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов различными потенциально опасными химическими веществами.

Продукты питания являются зеркальным отражением окружающей и производственной среды. Чем выше загрязненность окружающей среды, тем выше загрязненность продуктов питания. Основной путь поступления вредных чужеродных химических веществ (ксенобиотиков) в организм человека — пищевой [5]. Значительный вклад в формирование риска здоровью населения вносят ртуть, свинец и кадмий [6].

Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО), входящий в состав Тюменской области, является одним из лидеров среди субъектов Российской Федерации по добыче нефти, выработке электроэнергии и добыче газа. Структура экономики ХМАО имеет ярко выраженную промышленную ориентацию [7]. Уровень урбанизации в ХМАО намного выше, чем в таких северных автономных округах, как Ямало-Ненецкий, Долгано-Ненецкий, Эвенкийский и даже Чукотский. При средней доле городского населения по России 73% в ХМАО он превышает 91%.

ХМАО является исконным местом проживания коренных малочисленных народов Севера — ханты, манси, ненцев. До начала освоения нефтегазовых месторождений на территории ХМАО было развито традиционное хозяйство коренного населения Севера: рыболовство и оленеводство [8]. В период освоения часть территорий была изъята под промышленные нужды. В результате промышленного освоения региона ареал приоритетного природопользования значительно сократился, что поставило малочисленные народы Севера на грань исчезновения [7]. Численность представителей коренных народов Севера, проживающих на территории ХМАО, не превышает 20 000 человек. Но их доля в связи с интенсивным заселением округа приезжими из всех регионов России и ближнего зарубежья постоянно снижалась и ныне составляет около 1,5%. Это самый низкий показатель среди всех автономных округов и национальных республик, относимых к северным [9]. Малочисленные народы в основном размещены в сельской местности, в составе жителей которой существенную долю составляет пришлое население. Большая часть аборигенного населения Тюменского Севера проживает в таежных поселениях — юртах [10].

Известно, что основу рациона питания коренных жителей составляет местная рыба, мясо оленя и, в меньшей степени, лося и ягоды: клюква, брусника, черника [2; 11].

Цель: выявить взаимосвязь между концентрацией ртути, свинца и кадмия в волосах коренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа и содержанием этих токсичных химических элементов в местных продуктах питания.

Материал и методы. По наблюдением находились 96 взрослых ханты, среди которых мужчин 35 (36,5%), женщин — 61 (63,5%). Средний возраст — $39,8 \pm 10,7$ лет. Из 96 аборигенов Севера 71 (74,0%) проживали в таежных родовых поселениях — юртах, а 25(26,0%) — в деревне Рускинской, поселках Лямино и Угут.

Известно, что волосы, как никакой другой биологический субстрат, отражают процессы, годами протекающие в нашем организме [4; 12; 13; 14]. В волосах всех обследованных проведено определение содержания ртути, свинца и кадмия в составе 25 химических элементов методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой и масс-спектрометрии (ИСП-АЭС) в Центре биотической медицины (ЦБМ, Москва) [15]. Ввиду того, что распределение значений изучаемых концентраций токсичных химических элементов в волосах в ряде выборок оказалось отличным от нормального, при обработке результатов использовали непараметрические критерии: в таблице в качестве описательных характеристик приведены величины медианы, а также 25 и 75% центильных значений. Средние значения концентраций изученных элементов сравнивали с референтными величинами, используемыми в качестве нормативов в ЦБМ, а также рекомендациями Х. Бертрама [16] с дополнениями А.В. Скального [17].

В Сургутской межрайонной ветеринарной лаборатории (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21ПЧ20 с 28.09.06 до 28.09.08) инверсионно-вольтамперометрическим методом определения содержания токсичных элементов (ГОСТ Р 51301-99) выявляли концентрацию ртути, кадмия и свинца в 18 образцах местной рыбы, 11 пробах мяса северных животных (олень, лось) и в 9 пробах лесных дикоросов (клюква, брусника, черника). Содержание токсичных химических элементов сравнивали с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) [18]. Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.

Результаты и обсуждение. В результате исследования волос 96 представителей взрослого коренного населения Тюменского Севера было выявлено следующее.

Среднее содержание ртути было значительно выше референтных значений по Бертраму (табл. 1). Для индивидуальных анализов взрослого аборигенного населения ХМАО характерно превышение нормальных показателей у 94 (97,9%) обследованных лиц, а у половины всех ханты превышение достигало 3—4 степени.

Ртуть — один из самых опасных и высокотоксичных элементов, обладающих способностью накапливаться в организме растений, животных и человека. Выведение избытка ртути из организма составляет от 12 месяцев до 10 лет. Токсичность ртути связывают с ее взаимодействием с SH-группами белков. Блокируя их, ртуть изменяет свойства или инактивирует ряд жизненно важных ферментов. Соединения ртути нарушают обмен белков, витаминов С, В6, Е, кальция, меди, цинка, селена, железа, марганца. Соединения ртути хорошо растворяются в липидах, поэтому легко проникают через альвеолярную мембрану, стенку кишечника, плацентарный барьер, кожу. Описаны нейротоксичность, иммуноток-

сичность, канцерогенность, тератогенность, гематотоксичность ртути. Избыток ртути клинически проявляется поражением нервной, костной, кроветворной систем, снижением иммунитета [19; 20; 21].

Таблица 1

**Концентрация ртути, свинца кадмия в волосах взрослого
коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа (мкг/г)**

Химический элемент	Взрослое коренное население ХМАО (n = 96)			
	$M \pm m$	Me	25 ↔ 75	референтные величины 25 ↔ 75
Ртуть	8,95 ± 0,60	7,65	4,51 ↔ 14,00	0,05 ↔ 2,00 ¹
Свинец	1,94 ± 0,22	1,20	0,46 ↔ 2,26	0,38 ↔ 1,40 ²
Кадмий	0,21 ± 0,03	0,08	0,03 ↔ 0,32	0,02 ↔ 0,12 ²

Примечание: ¹ — Bertram, 1992;

² — Скальный, 2003

Средний уровень содержания свинца в волосах обследованных взрослых ханты был, как правило, выше верхней границы нормы, что и было отмечено у 45 (49,5%) обследованных лиц. Для всех регионов России свинец — это основной антропогенный поллютант из группы тяжелых металлов, что связано с высоким промышленным загрязнением и выбросами автомобильного транспорта, работающего на бензине. Механизм токсического действия свинца обусловлен: блокадой функциональных SH-групп белков, что приводит к снижению активности многих жизненно важных ферментов, угнетению синтеза белков; проникновением свинца в нервные и мышечные клетки, образованием соединений, которые создают клеточный барьер для проникновения в нервные и мышечные клетки ионов кальция. Свинец нарушает синтез гема и глобина, вмешиваясь в порфириновый обмен, индуцирует дефекты мембран эритроцитов. Основными мишенями при воздействии свинца являются сердечно-сосудистая, кроветворная, нервная, пищеварительная системы и почки. Отмечено его отрицательное влияние на половую функцию организма [4].

Средние величины концентрации кадмия в волосах взрослых ханты оказались выше нормативов ЦБМ [17]. Кадмий — один из наиболее опасных ядов, поступающих как из профессиональных источников, так и из окружающей среды. Этот химический элемент накапливается внутриклеточно, связываясь с цитоплазматическим и ядерным материалом. Биологический эффект основывается на блокаде сульфгидрильных (SH) групп белков и вытеснении цинка, меди, селена, кальция и железа из их соединений. Кадмий ингибирует сукцинатдегидрогеназу, глутатиондегидрогеназу, оксиредуктазу, тимидинкиназу, каталазу, карбоангидразу, алкогольдегидрогеназу, щелочную и кислую фосфатазы, витамин Д3, функции инсулина, клеточного дыхания, снижает клеточный иммунитет, блокирует синаптическую передачу. При повышенных цитотоксических концентрациях кадмий ингибирует биосинтез ДНК, РНК и белка, индуцирует перекисное окисление липидов, поломки цепей ДНК и хромосомные aberrации. Кадмий вызывает апоптоз различных клеток, особенно лимфоидных, моноцитов, гепатоцитов, клеток мочеполовой системы. Отмечены тератогенный, мутагенный и канцерогенный эффекты кадмия [4; 19; 20].

Выявленное в нашем исследовании значительное превышение референтных величин содержания токсичных химических элементов в волосах коренных жителей ХМАО определило необходимость изучения содержания ртути, свинца и кадмия в местных продуктах питания.

При исследовании речной (стерлядь, сырок, налим, муксун, щука) и озерной (карась, карп, плотва, язь, судак, окунь) рыбы ХМАО было зарегистрировано превышение концентрации ртути в 5 (27,8%) видах озерной рыбы. Превышение концентрации свинца и кадмия не было зафиксировано ни в одной из 18 проб.

Содержание токсичных химических элементов (ртути, свинца и кадмия) в 7 (63,6%) пробах мяса оленя и 4(36,4%) пробах мяса лося, а также в 9 пробах северных лесных ягод (по 3 пробы клюквы, брусники и черники) оказалось значительно ниже ПДК* [18] (табл. 2). Следует подчеркнуть, что во всех исследованных пробах местных продуктов были обнаружены токсичные химические элементы, которые в подавляющем большинстве случаев не превышали предельно допустимые концентрации (табл. 2) [17], но формировали постоянный путь поступления ртути, свинца кадмия в организм людей: известно, что в среднем с продуктами питания в организм человека поступает 65—70% химических элементов, в том числе токсичных [22].

Таблица 2

**Содержание ртути, свинца и кадмия в местных продуктах
Ханты-Мансийского автономного округа (мг/кг)**

Химический элемент	Рыба (n = 18)			
	$M \pm m$	Me	min ↔ max	ПДК*
Ртуть	$0,28 \pm 0,05$	0,26	0,03 ↔ 0,85	0,3
Свинец	$0,29 \pm 0,005$	0,26	0,013 ↔ 0,67	1,0
Кадмий	$0,04 \pm 0,007$	0,03	0,01 ↔ 0,1	0,2
Мясо северных животных (n = 11)				
Ртуть	$0,006 \pm 0,0009$	0,006	0,004 ↔ 0,009	0,03
Свинец	$0,065 \pm 0,008$	0,068	0,009 ↔ 0,099	0,5
Кадмий	$0,012 \pm 0,004$	0,008	0,003 ↔ 0,038	0,05
Лесная ягода (n = 9)				
Ртуть	$0,007 \pm 0,0008$	0,008	0,002 ↔ 0,01	0,02
Свинец	$0,184 \pm 0,022$	0,185	0,09 ↔ 0,28	0,4
Кадмий	$0,012 \pm 0,002$	0,01	0,004 ↔ 0,02	0,03

Примечание: ПДК* — Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.3.2.1078-01. — М.: ЗАО «РИТ ЭКСПРЕСС», 2002.

Известно, что микроэлементный состав волос отражает повышенный или пониженный уровень содержания тех или иных тяжелых металлов в объектах окружающей среды на территории изучаемой техногенной провинции [12].

Выявленная нами прямая тесная корреляционная связь ($H_{гв} \leftrightarrow H_{гр}$, $r = +0,638$) между концентрацией ртути в волосах ханты и ее содержанием в местной рыбе является свидетельством того, что одним из важнейших путей поступления ртути в организм коренных жителей ХМАО является именно пресноводная рыба из местных озер и рек. Рыба является главным продуктом питания аборигенного населения севера Западной Сибири и употребляется в течение всего года в вареном и сыром виде [11]. Постоянное поступление даже незначительных

количеств этого чрезвычайно опасного токсического элемента приводит к постепенному его накоплению в организме человека.

Вторым токсическим элементом, обладающим способностью накапливаться в организме человека, является свинец.

Таблица 3

Корреляционные связи между концентрацией токсичных химических элементов в волосах ханты и их содержанием в местных продуктах питания

	Hgv	Hgr	Hgm	Hgy	Pbv	Pbr	Pbm	Pby	Cdv	Cdr	Cdm	Cdy
Hgv	1											
Hgr	0,638	1										
Hgm	0,079	0,044	1									
Hgy	0,058	0,016	0,004	1								
Pbv	0,075	0,086	0,009	0,006	1							
Pbr	0,024	0,103	-0,012	0,008	0,096	1						
Pbm	0,048	0,082	0,094	0,014	0,113	0,003	1					
Pby	-0,050	-0,002	0,012	0,103	0,007	0,021	0,006	1				
Cdv	0,097	0,004	-0,009	0,011	0,062	0,007	0,023	0,014	1			
Cdr	0,079	0,131	0,014	0,008	0,004	0,187	0,096	-0,003	0,089	1		
Cdm	-0,023	0,005	0,088	0,006	0,003	0,068	0,154	0,001	0,099	-0,008	1	
Cdy	0,031	-0,005	0,013	0,018	0,009	0,011	0,006	0,128	0,146	0,008	0,011	1

Примечание: в — содержание химического элемента в волосах;
 р — содержание химического элемента в рыбе;
 м — содержание химического элемента в мясе;
 я — содержание химического элемента в ягоде.

Интерес к свинцу в медицине и биологии определяется почти исключительно его свойствами как кумулятивного яда, известного человечеству свыше 4000 лет [23]. Обнаруженные прямые корреляционные связи между концентрацией свинца в волосах ханты и его содержанием в мясе северных животных ($Pbv \leftrightarrow Pbm: r = +0,113$), а также между концентрацией кадмия в волосах аборигенов Севера и содержанием этого токсичного химического элемента в местных дикоросах ($Cdv \leftrightarrow Cdy: r = +0,146$) свидетельствует о поступлении этих токсикантов в организм человека с соответствующими продуктами питания (табл. 3).

Выявленные прямые корреляционные связи между концентрацией токсических химических элементов в рыбе ($Hgr \leftrightarrow Pbr: r = +0,103$; $Hgr \leftrightarrow Cdr: r = +0,131$; $Pbr \leftrightarrow Cdr: r = +0,187$), мясе ($Pbm \leftrightarrow Cdm: r = +0,154$) и лесной ягоде ($Hgy \leftrightarrow Pby: r = +0,102$; $Cdy \leftrightarrow Pby: r = +0,128$) (табл. 3) подтверждают общность путей поступления контаминантов в продукты питания.

Установлено, что конечным звеном миграции токсикантов в природе является человек [22]. Токсичные химические элементы попадают в окружающую среду северного региона с нефтью и нефтепродуктами, при сжигании попутного газа (примерно 25% попутного газа сжигается на факелах [5]), с выбросами двигателей внутреннего сгорания автомобилей.

Антропогенное воздействие на живую природу кардинально меняет окружающую среду. Одним из следствий этого является перераспределение тяжелых металлов в живые объекты, что вызывает серьезную озабоченность своими негативными последствиями для здоровья различных групп населения и нации в целом [4]. До настоящего времени не оценен и не возмещен ущерб, нанесен-

ный интересам коренного населения Севера. Существующие в настоящее время взаимоотношения «представителей современной цивилизации» и аборигенного населения не обеспечивают ни развития, ни даже сохранения культуры коренных этносов в социальном пространстве страны.

Таким образом, важнейшим путем поступления токсичных химических элементов в организм человека, наряду с водным и воздушным, является пищевой. Для сохранения здоровья населения Севера, в том числе и представителей малочисленных коренных народностей, главное значение должен иметь правовой аспект экологической безопасности добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов в северных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Суетова Е.Ю., Сетко Н.П. Биоэлементная обеспеченность рационов питания детей, посещающих детские дошкольные учреждения / Материалы II Международной научно-практической конференции «Биоэлементы» 23—25 января 2007 г. — Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006. — С. 90—94.
- [2] Азбалян Е.В., Лобанова Л.П., Леханова Е.Н. Алиментарные факторы в формировании здоровья населения Крайнего Севера // Сборник научных трудов ГУ НИИ медицинских проблем Крайнего Севера РАМН за 2006 год. Вып. 4 / Под ред. А.А. Буганова. — Тюмень: Сити-пресс, 2007. — С. 4—16.
- [3] Ковальский В.В. Геохимическая экология. — М.: Наука, 1974.
- [4] Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. — М.: ОНИКС 21 век; Мир, 2004.
- [5] Здоровье населения Ямало-Ненецкого автономного округа: состояние и перспективы / Под ред. А.А. Буганова. — Надым — Омск, 2006.
- [6] Дунаев В.Н., Боев В.М., Шагаев Р.М. и др. Гигиеническая оценка формирования риска здоровью при воздействии металлов и их соединений // Вестник Оренбургского государственного университета. Приложение «Биоэлементы». — 2006. — № 12 (62). — С. 89—92.
- [7] Информационный бюллетень «О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа — Югры в 2003 году». — Ханты-Мансийск: НЦП Мониторинг, 2004.
- [8] Бахлыков П. Юганские ханты: история, быт, культура. — Тюмень: СофтДизайн, 1996.
- [9] Постановление правительства ХМАО от 18.09.2003 № 387-П «О концепции демографической политики ХМАО на период до 2015 года».
- [10] Шестакова Г.Н. Состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем у коренного населения ханты севера Тюменской области: Автореф. дис. ... кан. мед. наук. — Тюмень, 2004.
- [11] Кулемзин В.М., Лукина Н.В. Знакомьтесь: ханты. — Новосибирск: Наука, 1992.
- [12] Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. — М.: Изд-во КМК, 2001.
- [13] Ren Y., Zhang Z. Diagnosis of lung cancer based on metal contents in serum and hair using multivariate statistical methods // Talanta. — 1997. — Vol. 44. — P. 1823—1831.
- [14] Скальная М.Г., Нотова С.В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. — М.: РОСМЭМ, 2004.
- [15] Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Скальный А.В. Методика определения микроэлементов в диагностируемых биосубстратах атомной спектрометрией с индуктивно связанной аргонной плазмой // Методические рекомендации. Утверждены ФЦГСЭН МЗ РФ 29.01.2003. — М.: ФЦГСЭН МЗ РФ, 2003.

- [16] *Bertram H.P.* Spurenelemente. Analytik, Oekotoxikologische und medizinisch-klinische Bedeutung. — Muenchen, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg, 1992.
- [17] *Скальный А.В.* Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины) // Микроэлементы в медицине. — 2003. — Т. 4. — Вып. 1. — С. 55—56.
- [18] Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.3.2.1078-01. — М.: РИТ ЭКС-ПРЕСС, 2002.
- [19] *Морозкина Т.С., Мойсеенок А.Г.* Витамины и микроэлементы. — Минск: Асар, 2002.
- [20] *Ребров В.Г., Громова О.А.* Витамины и микроэлементы. — М.: АЛЕВ-В, 2003.
- [21] *Moszczynski P.* Mercury compounds and immune system: a review // Int. J. Occup. Med. and Environ. Health. — 1997. — Vol. 10. — № 3. — P. 247—258.
- [22] *Русакова Н.В., Завистяева Т.Ю.* Геохимические провинции страны и здоровье населения // Гигиена и санитария. — 2006. — № 5. — С. 100—102.
- [23] *Боев В.М., Куксанов В.Ф., Быстрых В.В.* Химические канцерогены среды обитания и злокачественные новообразования. — М.: Медицина, 2002.

**CORRELATION BETWEEN CONCENTRATION Hg, Pb
AND Cd IN ADULT NATIVE INHABITANT' HAIR
OF KHANTY-MANSIISK AUTONOMOUS REGION
AND CONCENTRATION THE SAME CHEMICAL ELEMENTS
IN NATIVE PRODUCTS**

T.Ya. Korchina

Subfacolty of hospital therapy
Khanty-Mansiysk State Medical Institute
Roznina str., 73, Khanty-Mansiysk, Russia, 626011

Abstract: Concentration Hg, Pb and Cd in adult native inhabitant' hair of Khanty-Mansiisk autonomous region and concentration the same chemical elements in native products was investigated. The direct reliable correlation connection between concentration Hg in khanty' hair and concentration Hg in local fish was found.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОКСИДАЗ У ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ*

Е.В. Сарбаева, О.Л. Воскресенская

Биолого-химический факультет
Марийский государственный университет
ул. Осипенко, 60, Йошкар-Ола, Россия, 424002

В условиях городской среды изучалась активность железосодержащих оксидаз в листьях однолетних декоративных растений. В заключении даны рекомендации по подбору ассортимента выращивания декоративных растений в разных районах города Йошкар-Олы.

Значительные темпы развития производства, увеличение количества автотранспорта и все возрастающие масштабы воздействия человека на окружающую природную среду в последние десятилетия приводят к значительному загрязнению атмосферного воздуха. Высокая урбанизация усугубляет данный процесс, в связи с чем в городах возникают самые неблагоприятные условия для жизни человека. Для улучшения санитарно-гигиенических условий на территориях предприятий и в селитебных зонах необходимо использовать различные виды растений для создания эффективных «зеленых фильтров».

Высокой декоративностью и разнообразием обладают различные виды однолетних цветущих растений, применяемые при оформлении клумб, рабаток, миксбордеров. Эти растения широко используются в озеленении городских улиц, в санитарно-защитных зонах и на территориях предприятий. Однако неблагоприятные условия окружающей среды зачастую оказывают на них негативное влияние, так как поглощение соединений, чуждых метаболизму, приводит к разнообразным нарушениям жизненных процессов, что, в свою очередь, может привести как к ухудшению декоративных свойств, так и к гибели растений. В связи с этим представляло интерес оценить, какие виды декоративных растений более устойчивы к неблагоприятным условиям произрастания и какие из них целесообразнее

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 07-04-96619 «Эколого-физиологические адаптации растений в условиях городской среды» и НИР по тематическому плану Федерального агентства по образованию «Исследования функциональных особенностей биосистем в изменяющейся среде».

использовать для улучшения эстетических и санитарно-гигиенических характеристик урбанизированных территорий.

Наиболее часто при изучении устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды учитывается активность антиоксидантных ферментов. Поддержание равновесия окислительно-восстановительных процессов в клетках при действии газов, особенно кислотогенных, имеет особое значение, так как последние вызывают сдвиг межклеточной и внутриклеточной среды в кислую сторону. Поскольку оптимумы действия большинства гидролитических ферментов находятся в кислой зоне, падение pH клеточной среды способствует их активации, что в дальнейшем может привести к усилению окислительных процессов в клетках. При негативных воздействиях в клетках растений усиливается образование активных форм кислорода, что в итоге может привести к окислительному стрессу. В последние годы образование и быструю диффузию через мембраны перекиси водорода рассматривают как проявление сигнальной функции, а именно как вторичный мессенджер при трансдукции стрессорного сигнала, включающего индукцию синтеза ферментов-антиоксидантов [6; 11].

Целью нашей работы являлось исследование активности антиоксидантных ферментов каталазы и пероксидазы в тканях некоторых однолетних декоративных растений в условиях урбанизированной среды.

Объектами исследования служили цветущие, находящиеся в средневозрастном генеративном состоянии, наиболее распространенные в посадках г. Йошкар-Олы однолетние растения: бархатцы прямостоячие (*Tagetes erecta* L.), бархатцы отклоненные (*Tagetes patula* L.), лаватера трехмесячная (*Lavatera trimestris* L.), астра китайская (*Callistephus chinensis* L.), сальвия блестящая (*Salvia splendens* Ker. Gawl.) и петуния гибридная (*Petunia hybrida* Hort.). Растения были выращены в различных по степени антропогенной нагрузки районах города Йошкар-Олы. Районы исследований были выделены по результатам химических анализов атмосферного воздуха и на основе этих данных вычисленных комплексных индексов загрязнения атмосферы (КИЗА) [12].

Условно чистый, контрольный район исследования — участок на юго-востоке города Йошкар-Олы (ООПТ «Сосновая роща» и СТ «Энергетик»), КИЗА в данном районе не превышал 1,7.

Район с низким уровнем загрязнения — селитебная зона по ул. Осипенко; КИЗА = 2,6.

Район со средним уровнем загрязнения — промышленная зона г. Йошкар-Олы вблизи ОКТБ «Кристалл», КИЗА = 6,2.

Районов с постоянным, высоким уровнем загрязнения, в которых КИЗА соответствовал бы аналогичным показателям в городах с высокоразвитой промышленностью, в г. Йошкар-Оле не обнаружено.

Для получения ферментативного гомогената навеску растительного материала (0,5 г) растирали в ступке с песком в 10—25 мл 60 мМ К-Na-фосфатного буфера (pH 7,4). Гомогенат фильтровали и в нем определяли активность ферментов. Для выделения внутриклеточных пероксидаз гомогенат центрифугировали 10 мин при 3000 g и супернатант использовали для определения активности фермента.

Общую активность пероксидазы (КФ 1.11.1.7) измеряли по увеличению оптической плотности при 670 нм в реакционной смеси (3 мл), состоящей из К-Na-фосфатного буфера (60 мМ, pH 7,0), бензидина (0,2 мМ), 0,3%-й H_2O_2 и 1 мл гомогената. Активность фермента определяли при 25 °С сразу после выделения и рассчитывали по методу Бояркина [3]. Активность пероксидазы выражали в мкмоль окисленного бензидина на грамм сырой массы в минуту ($мкмоль \cdot г^{-1} \cdot мин^{-1}$).

Активность каталазы (КФ 1.11.1.6) определяли титрометрическим методом [2]. Реакционная среда содержала 5 мл 3%-й H_2O_2 и 10 мл гомогената. После добавления перекиси водорода активность каталазы определяли по скорости выделения кислорода в течение 5 мин и выражали в мл выделенного O_2 на грамм сырой массы в минуту ($мл O_2 \cdot г^{-1} \cdot мин^{-1}$).

Полученные данные подвергали стандартному статистическому анализу, используя программу «Statistica 6.0». Достоверность различий обсуждалась при 5% уровне значимости.

Пероксидаза — самая распространенная у растений терминальная оксидаза. Этот фермент довольно чувствителен к комплексу загрязняющих атмосферу веществ, и возрастание ее активности может свидетельствовать о проявлении защитных реакций тканей в неблагоприятных условиях.

В ходе проведенных исследований было отмечено, что в наиболее оптимальных условиях произрастания (контроль) активность пероксидазы в тканях декоративных цветочных растений была минимальной и, как видно из рис. 1, составляла 0,01—0,17 $мкмоль \cdot г^{-1} \cdot мин^{-1}$. Среди исследованных видов самой низкой активностью фермента характеризовалась сальвия блестящая, несколько большие значения данного показателя были у обоих видов бархатцев (0,04—0,08 $мкмоль \cdot г^{-1} \cdot мин^{-1}$). Активность пероксидазы у лаватеры трехмесячной, петунии гибридной и астры китайской, произрастающих в чистом районе исследований (контроль), была статистически значимо выше, чем у других видов растений, и достигала 1,6—1,7 $мкмоль \cdot г^{-1} \cdot мин^{-1}$.

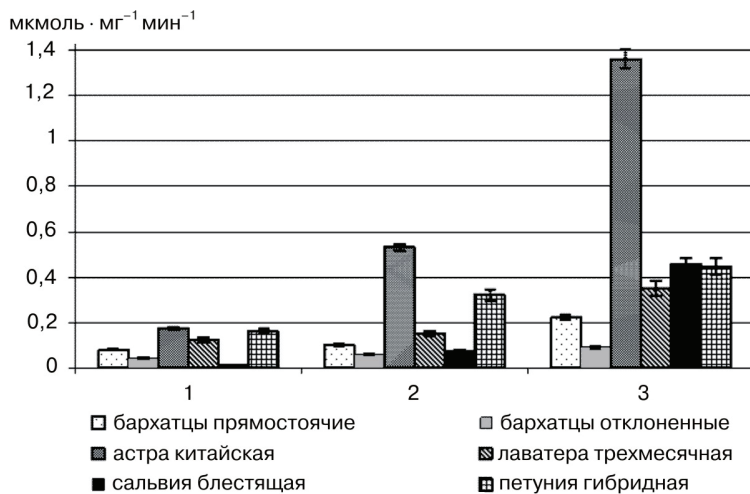


Рис. 1. Изменение активности пероксидазы в листьях однолетних декоративных растений в условиях городской среды
1 — условно чистый район, 2 — селитебная зона,
3 — промышленная зона

Таким образом, несмотря на оптимальные условия произрастания, активность пероксидазы у всех изученных растений имела специфические особенности, выражающие видовые особенности изучаемых растений.

По мере увеличения антропогенной нагрузки у всех исследованных видов растений происходило повышение пероксидазной активности в ассимиляционных тканях. При этом существенное увеличение исследуемого показателя в наиболее загрязненном районе исследования по сравнению с контролем наблюдалось у таких видов растений, как астра китайская (в 8 раз), петуния гибридная и лавatera трехмесячная (почти в 3 раза). Однако максимальное повышение активности фермента пероксидазы было отмечено у сальвии блестящей, у которой уже в сельтебной зоне (средний уровень загрязнения атмосферного воздуха) произошло повышение активности фермента в 7,5 раз, а растения, произрастающие в промышленной зоне, обладали пероксидазной активностью, которая была еще в 6 раз выше, чем в среднезагрязненном районе.

В ряде работ [1; 7] показано, что кислые газы на свету инициируют возникновение свободнорадикальных цепных реакций окисления, в ходе которых образуются органические перекиси. Образование и накопление последних, по-видимому, обуславливает субстратную активацию пероксидазы, которая, как известно, при каталитическом действии может использовать органические перекиси в качестве источника активного кислорода. Известно, что с повышением активности пероксидазы усиливаются ее оксидазные свойства, следовательно, в условиях действия CO_2 , SO_2 , NO_2 может преобладать функционирование пероксидазы как терминальной оксидазы. Вероятно, что в этих условиях при ингибировании других оксидаз происходит адаптивная перестройка окислительного аппарата, препятствующая нарушению дыхательного процесса.

Важная роль в обмене веществ отводится также каталазе, которая широко распространена в растениях. Каталаза является одним из самых активных энзимов в природе, принадлежит к группе элитных ферментов, обладающих рекордными скоростями работы, играет определенную роль в процессах адаптации организма к стресс-факторам. Каталаза выполняет важную роль, разлагая токсичную для клеток перекись водорода, образовавшуюся в результате клеточного дыхания с участием флавиновых дигидрогеназ. Данный фермент принимает участие в разложении перекисей, регулируя смену фаз аэробных и анаэробных процессов, и участвует в окислении перекисей в пероксисомах при фотодыхании. Существенна роль каталазы в снабжении молекулярным кислородом участков ткани, куда доступ его затруднен. Известно, что активность фермента зависит от вида растения, возраста клеток, типа ткани и других факторов; оптимум действия каталазы наблюдается при $\text{pH} = 6,5$, а в более кислых и щелочных средах активность фермента уменьшается [9].

Исследование активности каталазы в тканях декоративных растений показало, что в условно чистом местообитании активность данного фермента довольно существенно отличалась у особей разных видов. Максимальной каталазной активностью, статистически значимо отличающейся от других видов, характеризовались особи лаватеры трехмесячной ($70,0\text{—}70,9 \text{ мл} \cdot \text{O}_2 \text{ г}^{-1} \text{ мин}^{-1}$) (рис. 2). У саль-

вии блестящей и петунии гибридной данный показатель был ниже более чем в 2,5 раза, а самой низкой активностью фермента характеризовались особи астры китайской, бархатцев прямостоячих и бархатцев отклоненных.

Как показано на рис. 2, во всех изученных местообитаниях минимальные значения данного параметра были характерны для астры китайской и бархатцев отклоненных. У этих видов каталазная активность составляла 4,24—6,35 мл O_2 г⁻¹ мин⁻¹, кроме того, в различных местообитаниях у данных видов значения изучаемого параметра не имели статистически значимых отличий, так же как и у бархатцев прямостоячих, которым была свойственна активность каталазы в пределах 10,0—13,4 мл O_2 г⁻¹ мин⁻¹.

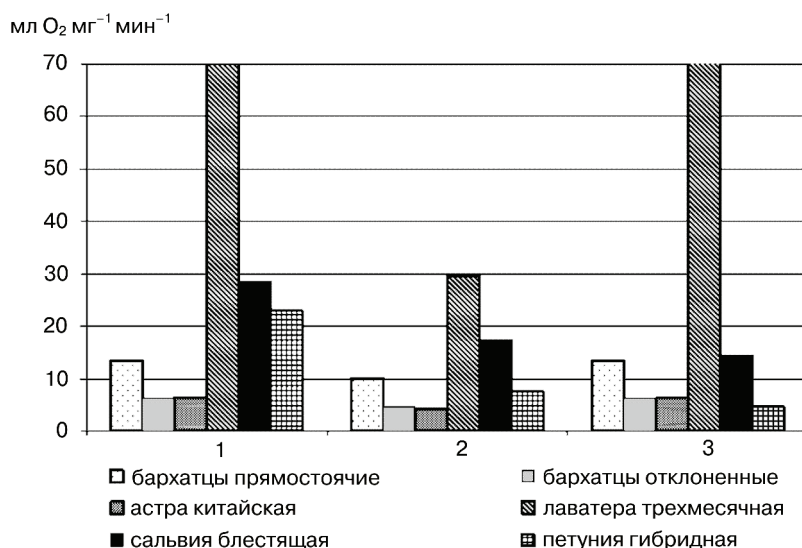


Рис. 2. Изменение каталазной активности в листьях однолетних декоративных растений в условиях городской среды
1 — условно чистый район, 2 — селитебная зона,
3 — промышленная зона

Максимальная активность каталазы во всех районах исследований была отмечена в тканях лаватеры трехмесячной, у которой наблюдались самые высокие значения в экологически контрастных местообитаниях значения (70,0—70,9 мл O_2 г⁻¹ мин⁻¹), а в районе со средним уровнем загрязнения атмосферного воздуха этот показатель резко понижался (29,7 мл O_2 г⁻¹ мин⁻¹). Такой двухфазный характер изменения активности фермента может указывать на процессы адаптации растений к условиям окружающей среды.

Для сальвии блестящей и петунии гибридной отмечалось статистически значимое снижение активности каталазы в районах со средним и высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха с 23,0—28,5 до 4,7—14,3 мл O_2 г⁻¹ мин⁻¹ соответственно.

Подобная картина изменений активности каталазы говорит о сложных процессах адаптации растений, имеющих свою специфику у каждого вида растений, независимо от систематической принадлежности. По-видимому, достаточно вы-

сокие концентрации загрязняющих веществ вызывали окислительное повреждение фермента, что и привело к понижению его активности в результате накопления большого количества H_2O_2 , либо блокирования активного центра каталазы поллютантами. Изменение активности фермента во многом связано с биологической особенностью вида и является до некоторой степени показателем реакции растительного организма на комплекс экологических воздействий. Большинство растений обладают пониженной активностью каталазы на загрязненных участках произрастания, и чем выше устойчивость вида к загрязняющим веществам, тем выше активность этого фермента, и наоборот, ингибирование активности фермента может являться диагностическим признаком слабой толерантности растений к эмиссионным нагрузкам [10].

Изменение в свойствах фермента могут быть понятны только в общей картине приспособлений всех метаболических реакций клетки к стрессу, т.е. имеют адаптационный характер и дают возможность противостоять неблагоприятным условиям среды. Изменение активности каталазы у различных видов растений, сопровождающееся активацией пероксидазы, наблюдали ряд исследователей [5; 7]. В данных работах показано, что чем активнее каталаза, тем выше газоустойчивость растений. Высокие значения активности каталазы у лаватеры трехмесячной позволяют предположить о большей устойчивости данного вида к условиям урбанизированной среды по сравнению с другими изученными видами.

Таким образом, увеличение уровня загрязнения атмосферного воздуха оказывает непосредственное влияние на изменение активности окислительно-восстановительных ферментов у ряда видов растений, а также способствует увеличению активности пероксидазы и снижению активности каталазы. Возможно, что повышение активности одного железосодержащего фермента — пероксидазы сопровождается ингибированием активности другого — каталазы. Низкие значения активности каталазы у таких видов, как бархатцы прямостоячие, бархатцы отклоненные и астра китайская, сопровождающиеся активацией пероксидазы в неблагоприятных условиях произрастания, могут указывать на их низкую адаптивную способность к неблагоприятным условиям среды и рекомендовать использовать их лишь в парковых и селитебных зонах, а для промышленных районов можно рекомендовать использовать лаватеру трехмесячную, сальвию блестящую и петунию гибридную, имеющих более пластичный ферментативный аппарат, позволяющий приспособливаться растениям данных видов к меняющимся условиям произрастания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Андреева В.А. Фермент пероксидаза: участие в защитном механизме растений. — М.: Наука, 1988.
- [2] Белозерский А.Н., Проскуряков Н.И. Практическое руководство по биохимии растений. — М., 1951.
- [3] Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы // Биохимия. — 1951. — Т. 16. — Вып. 4. — С. 73—77.

- [4] *Воскресенская О.Л., Грошева Н.П.* Руководство к большому практикуму. Ч. 1. — Йошкар-Ола, 1994.
- [5] *Воскресенская О.Л., Сарбаева Е.В.* Эколого-физиологические адаптации туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в городских условиях: Монография // Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2006.
- [6] *Духовский П., Дкнис Р., Бразайтите А., Жукаускайте И.* Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессов // *Физиология растений*. — 2003. — Т. 50. — № 2. — С. 165—170.
- [7] *Николаевский В.С.* Биологические основы газоустойчивости растений. — Новосибирск: Наука, 1979.
- [8] *Николаевский В.С.* Экологическая оценка загрязнения окружающей среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. — М.: МГУЛ, 1999.
- [9] *Цегарем М.П., Приудзе Г.Н.* Субклеточная локализация каталазы в листьях чайного растения // *Субтропические культуры*. — 1990. — № 4. — С. 47—51.
- [10] *Чиркова Т.В.* Физиологические основы устойчивости растений. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002.
- [11] *Шевякова Н.И., Стеценко Л.А., Мецерыков А.Б., Кузнецов В.В.* Изменение активности пероксидазной системы в процессе стресс-индуцированного формирования САМ // *Физиология растений*. — 2002. — Т. 49. — № 5. — С. 670—677.
- [12] *Экология города Йошкар-Олы: научное издание / Мар. гос. ун-т; отв. ред. О.Л. Воскресенская.* — Йошкар-Ола, 2007.

CHANGE OF ACTIVITY FERRIFEROUS OXIDAZE AT DEKO-RATIVNYH PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE URBANIZED CIRCLE

E.V. Sarbaeva, O.L. Voskresenskaja

Biologo-chemical faculty
Mari state university
Osipenko, 60, Ioshkar Ola, Russia, 424002

In the conditions of the city environment activity ferriferous of the oxidase in leaves of annual ornamental plants was studied. In the conclusion recommendations about selection of assortment of cultivation of ornamental plants in different parts of the city of Ioshkar Ola.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕЗЕНКИ КАСПИЙСКОЙ ВОБЛЫ (*RUTILUS RUTILUS CASPICUS*)

М.П. Грушко, Н.Н. Федорова

Астраханский государственный технический университет
ул. Татищева, 16, Астрахань, Россия, 414025

В работе исследуются особенности паренхимы селезенки каспийской воблы. Отмечается, что паренхима у данного вида рыбы однородна, т.е. четкого подразделения на белую и красную пульпу не было отмечено. Выявлялись только небольшие участки белой пульпы. Красная пульпа занимала около 90% объема селезенки. В результате процесса кроветворения здесь образуются клетки эритропоэтического, гранулоцитопоэтического, агранулоцитопоэтического и тромбоцитопоэтического рядов.

Мнения исследователей по поводу внутреннего строения селезенки костистых рыб разошлись. Одни утверждают, что селезенка костистых рыб в отличие от таковой млекопитающих состоит только из красной пульпы, в которой есть отдельные лимфоидные скопления [2]. Другие говорят о том, что паренхима селезенки костных рыб, так же как у хрящевых, дифференцируется на красную и белую пульпы, но в последней обнаружены очаговые скопления лимфоидных клеток [3]. Некоторые отмечают, что основная роль селезенки — депонирование крови, и поэтому у многих видов костистых рыб селезенка остается преимущественно эритроидной [4].

Была проанализирована селезенка каспийской воблы, идущей на нерест. Гистологические препараты приготавливались по общепринятой методике [1].

Этот орган представлял собой образование красного цвета продолговатой формы, тянущееся вдоль кишечника и окруженное соединительно-тканной капсулой. В паренхиме органа едва были заметными трабекулы. Орган пронизан толстостенными артериями и венозными синусоидными капиллярами, заполненными эритроцитами. Паренхима органа была однородной, т.е. четкого подразделения на белую и красную пульпу не было отмечено. Выявлялись только небольшие участки белой пульпы. Красная пульпа занимала около 90% объема селезенки. Она состояла из ретикулярной ткани, в которой много расширенных кровеносных капилляров (синусов), где находились созревающие, зрелые и гибнущие эритроциты. Макрофаги широко представлены в красной пульпе и в других зонах органа. В красной пульпе селезенки исследованных рыб была отмечена гиперемия различной степени и массовая дегенерация эритроцитов в синусоидных капиллярах.

В участках белой пульпы среди ретикулярных клеток были обнаружены дифференцирующиеся клетки крови, как красной, так и белой, причем эти клетки распределялись хаотично, без какой-либо упорядоченности.

Среди дифференцирующихся клеток на долю клеток эритропоэтического ряда приходилось 37,9%, остальное количество — 61,1% — на клетки грануло- и агранулоцитопоэтического ряда и 1% приходился на гемоцитобласты.

Количество дифференцирующихся грануцитов (28,6%) несколько превышало количество агранулоцитов (71,4%). Были обнаружены лейкоциты разных классов зрелости. Из клеток гранулоцитопоэтического ряда были выявлены бластные, созревающие и зрелые клетки. Миелобластов было отмечено около 2,3%. Из созревающих клеток гранулоцитопоэтического ряда промиелоциты составили 4,5%, эозинофильные миелоциты и нейтрофильные миелоциты — по 0,8%, из метамиелоцитов были отмечены только эозинофильные, которые составили 7,5%. Зрелые клетки гранулоцитопоэтического ряда были представлены нейтрофилами, эозинофилами и базофилами. Меньше всего было отмечено базофилов, их удельный вес, в среднем, составил 1,5%. Нейтрофилы тоже были немногочисленной группой. Из них на палочкоядерные приходилось — 0,8%, а на сегментоядерные — 2,3%. Эозинофилы были самой многочисленной группой из всех клеток гранулоцитопоэтического ряда. Удельный вес палочкоядерных эозинофилов, в среднем, составлял 6,8%, а сегментоядерных — 5,3%. Из формирующихся агранулоцитов также были отмечены и бластные, и созревающие, и зрелые клетки. Среди бластных агранулоцитов на монобласты приходилось 0,8%, на лимфобласты — 11,3% и на плазмобласты — 3,0%. Среди созревающих клеток были отмечены пролимфоциты — 12,8% и проплазмоциты — 3,0%. Из зрелых клеток меньше всего приходилось на моноциты — 0,8%, на втором месте по количеству были плазмоциты — 2,1% и самой многочисленной группой клеток были лимфоциты — 32,1%.

Среди клеток эритропоэтического ряда также были отмечены бластные, созревающие и зрелые клетки. Эритробласты составляли 10,9%. Среди созревающих клеток на долю проэритробластов приходилось 8,4%, на базофильные эритробласты — 4,8%; на полихроматофильные эритробласты — 2,4%; на оксифильные эритробласты — 7,2%. Зрелые эритроциты были самой многочисленной группой и составляли 65,1%.

Кроме того, в селезенке исследованных рыб было отмечено небольшое количество мегакариоцитов (2 шт.). Это были клетки крупных размеров, неправильной формы. На фоне нежно-розовой цитоплазмы отмечены ядрышки (5 шт.).

Таким образом, в селезенке исследованных рыб происходит процесс кроветворения, в результате которого образуются клетки эритропоэтического, гранулоцитопоэтического, агранулоцитопоэтического и тромбоцитопоэтического рядов, кроме того, здесь накапливаются и разрушаются клетки крови.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. 20-е изд. — М.: Медицина, 1986.
- [2] Кондратьева И.А., Китаишова А.А., Ланге М.А. Современные представления об иммунной системе рыб // Вестник Московского университета. — 2001. — Сер. 16. — № 4. — С. 11—20.
- [3] Селезнев С.Б. Филогенез иммунной системы. — М.: РУДН, 1999.
- [4] Van Muiswinkel W.B., Lamers C.H.J., Rombout J.H.W.M. Structural and functional aspects of the spleen in bony fish // Res. Immunol. — 1991. — 142. — С. 362—366.

MORFO-FUNCTIONAL FEATURES OF CASPIAN VOBLA (RUTILUS RUTILUS CASPICUS) SPLEEN

M.P. Grushko, N.N. Fedorova

The Astrakhan state technical university
Tatishchev str., 16, Astrakhan, Russia, 414025

Parenchyma spleen of the investigated kinds of fishes was homogeneous. Division on white and red pulp was not marked. The small sites white pulp came to light only. Red pulp occupied about 90% of volume spleen. As a result of morphologic examination it was cleared up that differentiation, proliferation and maturing of the cells of erithropoietic, granulo and agranulocitopoietic, trombocitopoietic rows take place.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ, АККУМУЛИРОВАННЫХ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ

А.А. Нульман, В.И. Уткин

Институт геофизики Уральского Отделения РАН
ул. Амундсена, 100, Екатеринбург, Россия, 620016

Н.И. Москаленко

Институт высокотемпературной электрохимии
Уральского Отделения РАН
ул. Софьи Ковалевской, 22, Екатеринбург, Россия, 620219

Для проб снега, отобранных в зонах влияния различных источников аэральных выбросов, приведены корреляции между суммарным содержанием 9 тяжелых металлов и объемной концентрацией сильномагнитных частиц. В зонах влияния высокотемпературных источников обнаружены повышенные значения удельной магнитной восприимчивости атмосферных выпадений.

Атмосферные потоки тяжелых металлов изучают по пространственно-временным характеристикам атмосферных выпадений, депонированных в снеговом покрове [1]. В странах с устойчивым снежным покровом он является наиболее подходящей депонирующей средой, поскольку накапливает атмосферные выпадения в течение длительного времени и минимизирует количество пылевых частиц, поднимаемых ветром с земной поверхности в пунктах наблюдений. По концентрациям загрязнителей в снежном покрове рассчитываются концентрации этих веществ в атмосфере [2]. В атмосферных аэрозолях присутствуют частицы ферритов и металлических ферромагнетиков, образовавшиеся в результате природных и антропогенных процессов в различных термодинамических условиях [3]. Объемная магнитная восприимчивость χ_v таких сильномагнитных частиц практически не зависит от восприимчивости материала, а определяется величиной размагничивающего фактора. Для идеальных сферических невзаимодействующих частиц $\chi_v = 3$. Восприимчивость парамагнитных минералов, не содержащих включений железа, не превышает $20 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, а такие широко распространенные минералы, как полевые шпаты, являются диамагнетиками с $\chi_v = 0 \div -0,6 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Таким образом, при объемной концентрации сильномагнитных частиц более 0,05% χ_v осадка должна определяться концентрацией сильномагнитного компонента. Это условие будет выполняться и при меньших концентрациях сильномагнитных частиц в зависимости от концентрации в основной массе осадка диамагнитного компонента. При указанных объемных концентрациях сильномагнитного компонента магнитный момент твердой фракции, извлеченной из проб талого снега массой 1 кг, достоверно фиксируется с помощью индукционных приборов, в частности, разработанных для измерения магнитных моментов образцов горных пород. Повышенные количества сильномагнитных частиц в атмосферных выпадениях на урбанизированных территориях были обнаружены разными авторами [4; 5]. Однако особенности магнитного загрязнения от различных

источников практически не изучены, и возможности получения геофизической информации при использовании магнитных методов подлежат детальному изучению.

Цель данной работы — исследовать особенности в магнитных характеристиках атмосферных выпадений, содержащих сильномагнитные частицы известных источников, и выявить связи этих характеристик со свойствами атмосферных выпадений.

Отбор проб снега производился на территории, относящейся к горно-таежной зоне Среднего Урала с преобладанием юго-западных зимних ветров и включавшей зоны с различной степенью урбанизации. Территория с высокой степенью урбанизации была представлена субширотным трансектом протяженностью 76 км, который начинался в юго-западной части г. Екатеринбурга и пересекал города Ревда и Дружинино. Пункты отбора проб снега располагались в парках (г. Екатеринбург) и в лесных массивах в небольших окнах древостоя на расстояниях ≥ 50 м от каких-либо антропогенных объектов. Интервалы между пунктами варьировали от 50 м до 5 км в зависимости от градиентов загрязнения. Источники сильномагнитных частиц: автодороги (автомагистраль «Московский тракт» и г. Екатеринбург), железная дорога Екатеринбург—Дружинино, медеплавильный завод, метизно-металлургический и другие предприятия по переработке металлов (г. Ревда), железнодорожный узел, котельные на угле (п. Дружинино), предприятия городской инфраструктуры. Пробы отбирались в зонах, где предполагалось влияние нескольких источников. Кроме того, были выделены две зоны, каждая из которых с высокой степенью вероятности характеризовалась загрязнением одинаковой интенсивности от одного известного источника. В каждую из зон входили участки с различными концентрациями магнитных загрязнителей в снеге. Территории, характеризующиеся монозагрязнением от медеплавильного завода, были представлены двумя участками, расположенными на расстояниях $1,6 \div 4,4$ км на запад и $4 \div 7$ км на восток от труб завода и удаленных от транспортных магистралей $> 1,5$ км. Зоны с преобладанием монозагрязнения от автодорог были расположены на расстояниях менее 350 м от автодорог в парках г. Екатеринбурга и на разных участках Московского тракта, удаленных от г. Ревда в западном направлении на $9 \div 10$ км и в восточном — на $25 \div 26$ км. Наименее урбанизированная территория была представлена тремя участками, удаленными на расстояния > 4 км от населенных пунктов и > 1 км от дорог. При этом расстояния от этих участков до г. Ревда составляли $30 \div 37$ и 75 км на запад и 27 км на юг. Всего в данной работе было опробовано 147 пунктов.

Пробы массой 1 кг отбирались пластмассовым пробоотборником диаметром 4,5 см по всей толще снежного покрова. Каждая проба включала от 3 до 12 колонок, отбиравшихся с интервалом 1 м по минипрофилям, перпендикулярным градиенту загрязнения. Отбор производился в период, непосредственно предшествующий снеготаянию. Пробы были растоплены на фильтрах «синяя лента» (номинальные размеры пор — $1 \div 2,5$ мкм). Были измерены дифференциальные магнитные моменты dM/dH [ед. СИ $\cdot \text{м}^3$] фильтров с осажденной твердой фракцией. Измерения проводились на приборе KLY-1 фирмы «Geofyzika», Чехия. Погреш-

ность абсолютной калибровки $\pm 1\%$. Погрешность относительной калибровки $\pm 0,4\%$ [6]. Были рассчитаны объемные магнитные концентрации $CfM = (dM/dH)/V$ [ед. Си], где V [м³] — объем снеговой воды в пробах.

Из 147 проб была составлена представительная выборка, включавшая 62 пробы с различными значениями параметра CfM , отобранные в зонах влияния различных источников загрязнения. Для этой выборки была определена масса осадка на фильтрах m [кг] и вычислены значения удельной магнитной восприимчивости твердой фракции $\chi = (dM/dH)/m$ [ед. Си · м³/кг]. Погрешность определения массы $\pm 10\%$.

Для 46 проб из данной выборки были определены массы девяти металлов — меди, цинка, железа, марганца, свинца, титана, хрома, никеля и кадмия на фильтрах m_i [мкг] и объемные концентрации этих металлов в фильтрате C_{fi} [мкг/л]. Фильтрат и фильтры подвергались химическому анализу методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой с помощью спектрометров JY 48 и Optima 4300 DV. Низкие содержания титана, хрома, никеля, кадмия и свинца в фильтрате определены на массспектрометре Spectromass 2000 фирмы «Spectro». По формуле $C_{fi} = m_i/V$ [мкг/л] вычислялись объемные концентрации C_{fi} металлов, содержащихся в твердой фракции > 1 мкм. Вычислялись суммарные объемные концентрации тяжелых металлов в фильтрате $C_s = \sum_{i=1}^n C_{si}$ и в твердой фракции $C_f = \sum_{i=1}^n C_{fi}$, где n — количество металлов.

На рис. 1 представлены зависимости суммарных концентраций тяжелых металлов в твердой фракции и в фильтрате талого снега в зависимости от дифференциального магнитного момента твердой фракции, отнесенного к единице объема. На всей обследованной территории суммарные концентрации тяжелых металлов варьируют в пылевой фракции почти на два порядка $C_f = (210 \div 16\,250)$ мкг/л, а в фильтрате менее чем на порядок $C_s = (110 \div 957)$ мкг/л. Таким образом, на большей части территории количество тяжелых металлов в фильтрате в среднем составляет менее 10% от концентрации в твердой фракции и не вносит значимого вклада в суммарную концентрацию тяжелых металлов. Сравнение параметра C_f с магнитным параметром CfM показало, что вне зависимости от природы источника и интенсивности загрязнения между объемной магнитной концентрацией пылевой фракции и суммарной концентрацией тяжелых металлов наблюдается линейная связь с коэффициентом корреляции $r = 0,94$. Однако зависимости коэффициентов корреляции от состава элементов, включенных в сумму тяжелых металлов, различны для зон влияния двух моноисточников различной природы. В зоне монозагрязнения от медеплавильного завода (13 проб) коэффициент корреляции r между параметром CfM и суммарными концентрациями C_f восьми металлов, за исключением железа, составил 0,99. При добавлении в сумму C_f концентраций железа коэффициент корреляции уменьшается до $r = 0,95$. В зонах монозагрязнения от автодорог (18 проб) для суммы из восьми концентраций металлов коэффициент корреляции составил $r = 0,94$. Добавление в сумму концентраций железа увеличило коэффициент до $r = 0,95$.

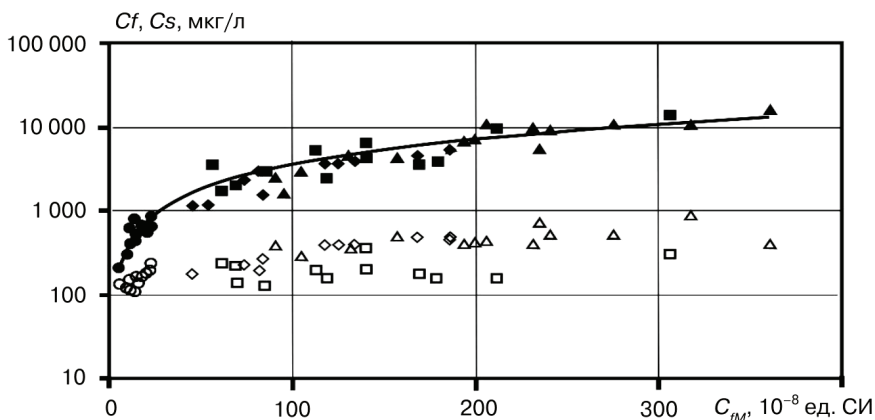


Рис. 1. Суммарные концентрации меди, свинца, цинка, железа, марганца, никеля, титана, хрома, кадмия в пылевой фракции > 1 мкм и в фильтрате в зависимости от концентрации магнитных загрязнителей в пробах снега

На рис. 2 сопоставлены значения параметров CfM и χ . Диаграмма χ (CfM) для участков с минимальной и с повышенной степенью урбанизации показана на рис. 2а. На всех участках с минимальной степенью урбанизации параметры CfM и χ варьируют слабо. Среднее значение $\overline{C_{fM}} = 15,5 \pm 5,3) \cdot 10^{-8}$ с коэффициентом вариации $v = \pm 0,34$. Среднее значение $\overline{\chi} = (240 \pm 120) \cdot 10^{-8}$ ед. СИ $\cdot$ м³/кг с коэффициентом вариации $v = \pm 0,5$. На урбанизированной территории величины объемной магнитной концентрации и удельной магнитной восприимчивости значительно превышены. С увеличением параметра CfM возрастает и параметр χ . Однако при возрастании CfM более чем на порядок $CfM = 23 \div 361 \cdot 10^{-8}$ величины χ увеличивается только в 5 раз $\chi = (480 \div 2500) \cdot 10^{-8}$ ед. СИ $\cdot$ м³/кг.

При этом на диаграмме $\chi(CfM)$ обнаружены две области максимальных значений, представляющие пробы, отобранные в окрестностях п. Дружинино (I) и г. Ревда (II) на расстояниях >500 м от автодорог. В этих зонах действуют однотипные источники, характеризующиеся различной интенсивностью, но одинаковым типом загрязнения (медеплавильное производство и котельные на угле). Обнаруженная тенденция более ярко проявилась для проб, отобранных в зонах двух известных источников с одинаковыми интенсивностями загрязнения (рис. 2б). На диаграмме $\chi(CfM)$ точки, представляющие два разных моноисточника, сгруппировались в два отдельных ансамбля. Ансамбль А (15 точек) представляет зону монозагрязнения от медеплавильного завода, ансамбль Б (13 точек) — зоны загрязнения от автодорог. В группе А $\overline{\chi} = (3130 \pm 740) \cdot 10^{-8}$ ед. СИ $\cdot$ м³/кг $v = 0,24$. В группе Б $\overline{\chi} = (750 \pm 200) \cdot 10^{-8}$ ед. СИ $\cdot$ м³/кг, $v = \pm 0,27$. Таким образом, величины удельной магнитной восприимчивости пылевой фракции в зонах монозагрязнения от медеплавильного производства и от автотранспорта отличаются в 4 раза.

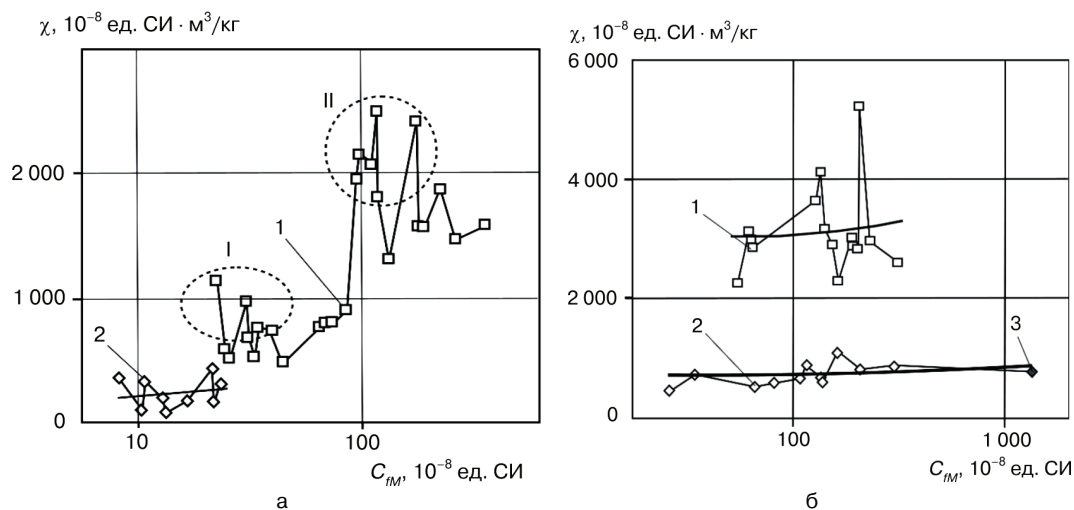


Рис. 2. Удельная магнитная восприимчивость пылевой фракции талого снега в зависимости от объемной магнитной концентрации в пробах:

а — зоны минимальной (1) и повышенной (2) урбанизации; I — окрестности п. Дружинино, II — окрестности г. Ревда (промзона); б — зоны влияния моноисточников: 1 — автотранспорт, 2 — медеплавильный завод, 3 — проба отобрана в непосредственной близости у автодороги (неаэрогенное загрязнение)

Анализ роли железа в тесноте связи между суммарным содержанием тяжелых металлов и магнитным параметром C_{fM} показывает, что в зоне загрязнения от автотранспорта с высокой долей вероятности сильномагнитный компонент представлен частицами металлического железа. Обнаруженное в зоне монозагрязнения от медеплавильного завода уменьшение коэффициента корреляции между параметрами C_f и C_{fM} при включении в сумму железа говорит о том, что сильномагнитные частицы имеют сложный, по-видимому, переменный состав. По всей вероятности, это ферриты, в которых могут присутствовать включения самородного железа. Таким образом, для двух ансамблей сильномагнитных частиц, имеющих различный элементный и фазовый состав, наблюдается универсальная линейная связь между параметрами C_f и C_{fM} . Наиболее вероятным физическим процессом, обуславливающим эту связь, представляется адсорбция ионов тяжелых металлов из раствора. Для подтверждения данного предположения необходимо исследовать поверхностные свойства частиц, генерируемых высоко- и низкотемпературными источниками.

Различные значения χ осадка для источников разных типов наблюдались в пределах территории, размеры которой обуславливают одинаковое региональное загрязнение атмосферы. Повышенные значения χ в окрестностях г. Ревда (при высоких значениях C_{fM}) и п. Дружинино (при низких C_{fM}) могут объясняться пониженным объемом в атмосферных выпадениях слабомагнитного пылевого компонента или его пониженной плотностью. Последнее представляется наиболее вероятным, поскольку трудно представить, что в атмосфере вблизи двух промышленных центров, расположенных в различных ландшафтных условиях, одинаково понижено количество пыли. С другой стороны, быстрое остывание

расплавленного минерального вещества в присутствии значительного количества газов должно приводить к образованию пористых продуктов с пониженной плотностью. Наши эксперименты по фильтрованию снеговой воды после длительной выдержки показали, что в пробах, отобранных в зоне влияния медеплавильного завода, некоторая часть сильномагнитных частиц длительное время остается на поверхности, следовательно, имеет плотность $< 1 \text{ т/м}^3$.

Рассмотренные два моноисточника представляют два больших класса источников сильномагнитных атмосферных аэрозолей. Процесс плавления руды в отражательной печи медеплавильного завода аналогичен другим высокотемпературным производственным и бытовым процессам, связанным с плавлением руды и сжиганием жидкого и твердого топлива. Автотранспорт является наиболее мощным и широко распространенным источником металлических сильномагнитных частиц, которые также присутствуют в выбросах из вентиляционных труб металлообрабатывающих производств, жилых помещений и объектов городской инфраструктуры. Таким образом, можно ожидать, что полученные результаты будут справедливы и для других источников сходной физической природы. Физические процессы, являющиеся источниками пылевых выбросов при высокотемпературных производственных процессах, в определенной степени аналогичны некоторым процессам, связанным с вулканической деятельностью и сопровождающим падение метеоритов.

Исследование магнитных характеристик атмосферных выпадений позволило заключить следующее:

1. Параметр CfM , характеризующий объемную концентрацию сильномагнитных загрязнителей в снежном покрове, может служить количественным показателем суммарного содержания тяжелых металлов в атмосферных выпадениях и, следовательно, использоваться для оценки содержания тяжелых металлов в атмосферных потоках.

2. Удельная магнитная восприимчивость твердой фракции талого снега является показателем генезиса антропогенных атмосферных выпадений.

3. Для исследования атмосферных выпадений целесообразно применять оперативные, высокоточные и относительно дешевые магнитные методы. Они не требуют специальной подготовки и разрушения исследуемых образцов, что позволяет в дальнейшем анализировать эти образцы другими методами.

4. Повышенная концентрация сильномагнитных примесей в сочетании с пониженной плотностью продуктов, образующихся при процессах, происходящих в мощных высокотемпературных антропогенных источниках, возможно, характерна и для определенных природных, в частности, вулканогенных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Головин А.А., Самаев С.Б., Соколов Л.С. Современные подходы к методике эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий // Разведка и охрана недр. — 2004. — № 3. — С. 67—73.
- [2] Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. — Л.: Гидрометеиздат, 1985.

- [3] Лисицин А.П. Осадконакопление в океанах. — М.: Наука, 1974.
- [4] Hunt A. The application of mineral magnetic methods to atmospheric aerosol discrimination // *Phys of the Earth and Planet. Inter.* — 1986. — V. 42. — N. 1—2. — P. 10—21.
- [5] Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., Таловская А.В. Способ определения загрязненности снежного покрова техногенными компонентами / Пат. 2229737 (Россия). Оpubл. 27.05.2004.
- [6] Нульман А.А., Уткин В.И. Калибровочные образцы для измерений индукционного магнитного момента // *Измерительная техника.* — 2000. — № 1. — С. 52—54.

STUDY OF MAGNETIC CHARACTERISTIC OF ATMOSPHERIC FALLINGS ACCUMULATED IN SNOW

A.A. Nulman, V.I. Outkin

Institute of Geophysics, Urals's Department RAS
Amundsen str., 100, Yekaterinburg, Russia, 620016

N.I. Moskalenko

Institute of High Temperature Electrochemistry
Urals's Department RAS
Kovalevskoy str., 22, Yekaterinburg, Russia, 620219

In zones of influence of different sources of atmospheric discharges the correlations between sums of concentrations of 9 heavy metals and volumes magnetic concentrations of strongly magnetic particles in snow were described. In high temperature influenced zone the high values of mass specific magnetic susceptibility of atmospheric fallings were found.

УСТОЙЧИВОСТЬ МИКСОСПОРИДИОЗНОЙ ИНВАЗИИ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОГЕННОЙ КОНТАМИНАЦИИ

А.В. Калашникова, Н.В. Кузьмина

Кафедра ветеринарно-санитарной экспертизы
Факультет ветеринарной медицины
ФГОУ ВПО «Московская государственная академия
ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина»
ул. Академика Скрябина, 23, Москва, Россия, 109472

А.Н. Нюкканов

Кафедра зоогигиены и внутренних незаразных болезней
Факультет ветеринарной медицины
ФГОУ ВПО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»
ул. Крайильникова, 15, Якутск, Россия, 677007

В статье рассматриваются особенности микоспоридиозной инвазии пресноводных рыб в новых эколого-токсикологических условиях среднего течения реки Лена и ее притоков как наиболее загрязняемые горнодобывающей промышленностью и населенными пунктами водоемы в пределах административной территории Республики Саха (Якутия).

В условиях техногенного загрязнения биосфера не успевает перерабатывать огромное количество поступающих в ее орбиту химических соединений. Возрастающие таким образом масштабы загрязнения внешней среды приводят к нарушению исторически сложившегося в природе круговорота веществ. При этом на первый план выступает исследование качественных изменений природных вод в результате активной деятельности человека: сброса сточных вод, смыва и последующего попадания в водоемы высокоминерализованных вод, отходов животноводства, коммунальных стоков и т.д. Поэтому исследование влияния техногенного загрязнения на паразитофауну пресноводных рыб имеет исключительно важное значение, поскольку паразиты рыб, а также сами рыбы в течение всего жизненного цикла находятся под прямым влиянием окружающей среды, что позволяет дать эколого-токсикологическую и паразитологическую оценку водоему, из которого выловлена рыба; выявить причину загрязнения, своевременно принять меры по ее устранению, дать рекомендации по профилактике подобных нарушений. В данной работе мы попытались показать характер и глубину модификации микоспоридиозной инвазии пресноводных рыб Лены и Вилюя в период трансформации их экосистем.

Материал и методика. Для экотоксикологических и паразитологических исследований выбраны виды рыб, наиболее часто употребляемые в пищу населением Якутии, и преобладающие виды ихтиофауны изучаемых водоемов, такие как карась, плотва, окунь, сибирская ряпушка, тугун, омуль, щука. При определении возраста были использованы общепринятые методики [7; 8; 9; 10].

Содержание металлов определялось на спектрофотометре «Shimadzu AA-610S» (Япония). Расчеты проводились относительно стандартных растворов соответствующих металлов, прошедших межгосударственную калибровку.

Каждая рыба проходила неполное паразитологическое вскрытие по определению микоспоридиозов по методике В.А. Догеля [4] в модификации И.Е. Быховской-Павловской [2], З.С. Донец, С.С. Шульмана [5] с акцентированием внимания на мышечную ткань, жабры, внутренние органы, ротовую полость.

Результаты исследования и их обсуждение. Происходящие в водных экосистемах деформации среди многочисленных беспозвоночных организмов отражаются на формировании фауны паразитов речных рыб. Принимая во внимание это обстоятельство, прежде чем перейти к рассмотрению паразитологических данных по каждому исследованному водоему, мы сочли необходимым в начале раздела привести сведения об изменениях основных абиотических и биотических факторов внешней среды, которые наступают в реках региона в период интенсивной техногенной нагрузки и на фоне которых происходят преобразования фауны паразитов и зараженности ими рыб, а также эпизоотического состояния.

К настоящему времени известно более 4 млн химических веществ, и ежегодно создается еще около 25 тыс. новых соединений. Среди них количество поллюантов составляет около 150 тыс. Из этого количества в водоемы поступает от 10 тыс. до 40 тыс. [6]. Для определения качества воды обычно используют значительно меньше показателей [1].

Таким образом, при применении химического метода оценки характера и уровня загрязнения водных объектов не учитывается подавляющая часть ядовитых веществ, находящихся во внешней среде. На данном этапе в силу указанных выше причин полное и детальное изучение химического режима водоемов не представляется возможным. Поэтому в исследованных реках мы определяли лишь ряд приоритетных поллюантов соответствующих водоемов, позволяющих получить ориентировочные сведения о качестве воды обследуемых рек.

Наибольшую техногенную нагрузку испытывает бассейн реки Лена, особенно ее крупный приток р. Вилуй. Такое распределение водопользования обусловлено расположением в этих районах большого количества промышленных предприятий, связанных с добычей полезных ископаемых, объектов топливно-энергетического комплекса и расположением в бассейнах этих участков рек крупных населенных пунктов.

В Якутии в процессе разработки месторождений полезных ископаемых образуются технологические воды, насыщенные большим количеством взвешенного материала. Это вызвано тем, что при разработке многих месторождений, приуроченных к толще аллювиальных отложений, тонкие фракции переходят во взвешенное состояние, увеличивая во много раз твердый сток промывочных вод. В результате большое количество взмученной воды сбрасывается в реки.

Результаты наших исследований показывают, что в воде р. Вилуй содержание ртути составляет $0,00002 \pm 0,000009$ мг/л, что превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов в 2 раза ($0,00001$ мг/л), и не прослеживается сезон-

ной динамики изменения в течение года, которое связано с десорбцией ртути из донных отложений.

Полученные результаты по исследованию содержания ртути в органах и тканях свидетельствуют о значительном накоплении как растительноядных, так и хищных рыб р. Виллой.

В организме типичного представителя хищных рыб — окуня из реки Виллой — уровень содержания ртути в мышечной ткани в летнее время составлял $0,761 \pm 0,020$ мг/кг, а в зимний период — $0,800 \pm 0,046$ мг/кг, а у крупных особей окуней, имеющих возраст от 5 до 7 лет, из реки Виллой в летний период в мышцах накопилось $1,421 \pm 0,104$ мг/кг, а в зимнее время — $1,710 \pm 0,125$ мг/кг. Эти значения превышают МДУ для хищных пресноводных рыб в 3—4 раза. В летний период у мелких особей в мышечной ткани содержалось $0,883 \pm 0,125$ мг/кг, а в зимнее время — $0,421 \pm 0,095$ мг/кг, в то время как у взрослых особей в мышечной ткани в летний период было $1,799 \pm 0,967$ мг/кг ртути, а в зимнее время $0,916 \pm 0,126$ мг/кг, что превышает максимально допустимые уровни для хищных пресноводных рыб (МДУ 0,6 мг/кг) от 1,5 до 2 раз. Столь высокое содержание концентрации ртути в организме рыб в летнее время можно объяснить техногенным влиянием горнодобывающей промышленности. В мышечной ткани плотвы из реки Виллой у особей в возрасте до 2 лет содержание ртути в летний период составляло $0,683 \pm 0,036$ мг/кг. У плотвы в возрасте от 6 до 8 лет концентрация ртути составляла в мышечной ткани $0,694 \pm 0,173$ мг/кг, а в печени — $0,949 \pm 0,025$ мг/кг, что является самым высоким содержанием у нехищных рыб, исследованных нами. В зимний период у мелких особей содержание ртути составляло $0,485 \pm 0,067$ мг/кг, а у крупных — $0,699 \pm 0,079$ мг/кг. У плотвы не установлено резких различий в содержании ртути в зависимости от времени года, как это было у окуня из этой же реки. Это связано с тем, что крупные окуни в летнее время питаются в основном рыбой, а в зимний период беспозвоночными организмами. У крупных особей плотвы нет такой разницы в питании в течение года, вероятно, это и есть причина незначительного колебания содержания ртути в летнее и зимнее время у плотвы. Что касается относительно одинакового содержания ртути у мелких и крупных особей, то это можно объяснить приоритетно растительноядностью этого вида рыб в течение года и в постнатальном онтогенезе.

Наиболее высокий уровень кадмия обнаружен в печени крупных особей окуня в возрасте от 5 до 7 лет из реки Виллой и составлял $0,313 \pm 0,045$ мг/кг кадмия на сырую массу органа. Это количество превышает МДУ в 1,5 раза. У окуней, выловленных в зимний период, у той же популяции в печени кадмия содержалось практически столько же — $0,315 \pm 0,035$ мг/кг. У этой же популяции окуней, у мелких особей в возрасте до 2 лет в летний период в печени содержалось $0,158 \pm 0,035$ мг/кг и в зимнее время года — $0,087 \pm 0,012$ мг/кг сырой массы органа. Из-за смены состава корма в зимнее время у мелких неполовозрелых особей окуня уменьшается степень кумуляции кадмия в печени.

Кадмий распределяется в органах и тканях у окуней в следующей убывающей последовательности: печень > жабры > мышцы > кишечник > кости.

Содержание свинца в печени крупных особей окуня в возрасте от 5 до 7 лет превышает МДУ для рыбных продуктов и составляет $1,30 \pm 0,84$ мг/кг, а в зимний период исследования у той же популяции окуней содержание свинца составляло $1,38 \pm 0,65$ мг/кг, а у отдельных особей содержание свинца в печени достигало до 2,0 мг/кг.

Наибольшее содержание свинца у всех видов рыб отмечено в печени, как у хищных, так и у растительноядных рыб. Концентрация свинца больше у крупных особей, нежели чем у мелких молодых рыб. Исследованные нами рыбы не имели видимых патологоанатомических изменений, характеризующих отравление солями ртути, свинца и кадмия.

Основным источником загрязнения р. Лена является сброс неочищенных сточных вод г. Якутска. Город Якутск ежедневно сбрасывает в Лену неочищенные стоки вывозной канализации от жилых домов, в которых отсутствует централизованная канализация, в объеме 32 тыс. м³/сут. Действующие очистные сооружения механической очистки стоков с проектной производительностью 35 тыс. м³/сут. испытывают перегрузку по гидравлике в 2 раза, что приводит к сбросу половины поступающих сточных вод по обводной трубе, минуя очистные сооружения, без очистки и обеззараживания. Механическая очистка сточных вод производится при помощи решеток, тангенциальных песколовок и первичных отстойников. Обезвоживание осадков проходит в центрифугах. Из-за суровых климатических условий вся инженерная база очистных сооружений, все сооружения очистки сточных вод и обработки осадков, комплекс механического и технологического оборудования, насосные станции, энергосиловое и грузоподъемное оборудование, автотранспорт размещены в отапливаемых помещениях. На механических очистных сооружениях очистка сточных вод производится только по взвешенным веществам и БПК. Всего в р. Лена сбрасывается недостаточно очищенных сточных вод с КОС 12,987 млн м³/год и по обводной трубе без очистки 10,06 млн м³/год. Кроме того, ежегодно около 2 млн м³ неочищенных сточных вод сбрасывается в реку Лена со сливной станции города Якутска, принадлежащей МУП «Спецавтохозяйство» [3].

В результате наших исследований в пресноводных рыбах Якутии нами обнаружено из 10 видов миксоспоридий четыре вида полостных и шесть тканевых. Реакция миксоспоридий, как и других водных организмов, на внешние условия их обитания, особенно в период высокой техногенной нагрузки на водоемы, как показывают наши исследования, достаточно различна.

Так, фауна миксоспоридий, обитающих на жабрах рыб, оказалась в качественном отношении весьма бедной. Это вызвано тем, что токсиканты, проникнув в цисты через тонкую их оболочку, нарушают процесс формирования спор. Этот процесс протекает и после попадания сохранившихся спор паразита во внешнюю среду — здесь они также испытывают прямое негативное воздействие химических веществ. В цистах обычно регистрируются лишь единичные споры с нормальной морфологией. Основное же их количество имеет морфопатологические изменения (споры с одной капсулой или без них, отдельные створки и др.).

Наряду с этим были зарегистрированы случаи массового заражения рыб бассейна р. Вилюя *Henneguya zschokkei*, *Muxobolus pseudodispar*, *Myxidium lieberkuhni*. Наличие их в весьма загрязненных участках р. Вилюя указывает на достаточную устойчивость спор этих миксоспоридий к воздействию поллюантов. Это характерно и для *Muxobolus Müller*i, локализирующегося на жабрах плотвы в реке Лена. Споры других видов миксоспоридий у речных рыб обычно сильно деформированы и фактически разрушены; нередко содержимое цист не имеет каких-либо форменных образований. Следовательно, миксоспоридии *Henneguya zschokkei*, *Muxobolus pseudodispar*, *Myxidium lieberkuhni* устойчивы к загрязнению внешней среды. Массовые заражения миксоспоридиями рыб, обнаруженные в р. Вилюй и р. Лене, т.е. в зонах достаточно сильного техногенного загрязнения, позволяют считать данные миксоспоридии достаточно резистентными к загрязнителям.

Таким образом, отметим, что в период антропогенного воздействия в водоемах весьма желательно проведение эколого-паразитологического мониторинга, т.е. системы повторных исследований сообщества ихтиопаразитов в одних и тех же пунктах каждого водоема или их группы. Осуществление подобных исследований в течение нескольких лет позволит получить важную информацию о характере реконструкции фауны ихтиопаразитов в период многофакторной контаминации гидросферы. Слабая зараженность рыб большинством остальных групп экто- и эндопаразитов в значительной степени обусловлена чувствительностью как их самих, так и их промежуточных хозяев к совокупному воздействию поллюантов, содержащихся в воде. Исходя из вышеизложенного, ихтиопаразиты могут быть применены в качестве интегрального показателя токсикологической ситуации в водоемах в целом. Сравнение фауны паразитов рыб и степени их заражения обнаруженными паразитами в течение ряда лет позволит определить общее направление происходящих в экосистеме преобразований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богданова Е.А. Паразиты рыб как биоиндикаторы токсической ситуации в водоеме. — СПб: Изд-во ГосНИОРХ, 1993.
- [2] Быховская-Павловская И.Е. Паразитологическое исследование рыб. — Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1969.
- [3] Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Саха (Якутия) в 1996 году // Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия). — Якутск: ООО «Литограф», 1997.
- [4] Догель В.А. Пресноводные Muxosporidia СССР. Определитель организмов пресных вод СССР. — Л.: Ленснбтехиздат, 1932. — Вып. 4. — С. 1—30.
- [5] Донец З.С., Шульман С.С. О методах исследования Muxosporidia (Protozoa, Chidosporidia) // Паразитология. — 1973. — Т. 7. — Вып. 3. — С. 191—193.
- [6] Лукьяненко В.И. Генеральная концепция охраны от загрязнения водоемов СССР // I Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии. Ч. 2. — Рига, 1988.
- [7] Мина М.В. Рост рыб (методы исследования в природных популяциях) // Рост животных. Зоология позвоночных. — М.: ВИНТИ, 1973. — Т. 4. — С. 68—115.
- [8] Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. — М.: Наука, 1976.

- [9] *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. — М.: Пищепромиздат, 1966.
[10] *Чугунова Н.И.* Руководство по изучению возраста и роста рыб. — М.: Изд-во АН СССР, 1959.

STABILITY OF MIXOSPORIDEOUS INVASION OF THE FRESH-WATER FISH TO THE INFLUENCE OF CONTAMINATION

A.V. Kalashnikova

Chair Veterinary sanitary expert, Department of Veterinary Medicine
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology
named after K.I. Skryabin
Scryabin str., 23, Moscow, Russia, 109472

N.V. Kuzmina, A.N. Nukkanov

Chair Zoohigiene and Therapeutics
Department of Veterinary Medicine
Yakut State Agricultural Academy
Krasilnikova str., 15, Yakutsk, Russia, 677007

The article describes the peculiarities of mixosporideous invasion of the fresh-water fish under current ecological and toxicological conditions of the middle Lena river and its tributaries as the most polluted by mining industry and settlements basins within the administrative territory of the Republic of Sakha (Yakutia).

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА Р. БОДРАК (Крымско-Кавказская горная зона)

Т.А. Барабошкина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119899

В.Ю. Берёзкин, Е.М. Коробова, Е.А. Карпова

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН
ул. Косыгина, 19, Москва, Россия, 119991

К.П. Куценогий, Т.И. Савченко

Институт химической кинетики и горения СО РАН (ИХАКиГСО)
ул. Институтская, 3, Новосибирск, Россия, 630090

Изучено распределение ряда химических элементов (меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, хрома, ванадия, молибдена и стронция) в почвах и растениях ключевого участка Крымского учебно-научного полигона, в бассейне р. Бодрак, на карбонатных породах эпикиммерийского субплатформенного комплекса (ЭПСК) и бескарбонатных терригенных породах киммерийского геосинклинального комплекса (КГСК). Методом математической статистики показано влияние на содержание изученных элементов в системе «почва—растение» коренных пород и генетически связанных с ними аллювиально-делювиальных четвертичных отложений. При анализе учитывалось возможное влияние сельскохозяйственного использования территории.

Крым характеризуется контрастностью природных условий [2; 3] и является уникальным регионом по разнообразию функциональных связей в системе «литосфера-биота». В качестве типового участка рассмотрим район Крымского научно-учебного полигона геологического факультета МГУ им. А.А. Богданова, расположенного в Бахчисарайском районе Автономной Республики Крым (в пределах территории бассейна р. Бодрак) (рис. 1). Его относительно небольшая площадь ($7,5 \times 9$ км) характеризуется многообразием литологического состава пород различного генезиса (от осадочных до магматических) [4; 10; 11].

Целью написания данной статьи является анализ взаимосвязи распределения токсичных и биофильных элементов в образцах почв и растительности и дифференциации роли природных и техногенных факторов в формировании эколого-геохимических условий района.

Для достижения поставленной цели была осуществлена систематизация разноплановых данных, полученных в ходе полевых эколого-геохимических работ МГУ, РУДН, ГЕОХИ в 1996—2002 г., проводившихся в районе научно-учебного полигона МГУ и экспериментальных работ (МГУ, ИХКиГ СО РАН) [5—9; 14; 18; 19; 20; 22].

В геологическом строении, в районе исследования выделяют: (1) на юго-востоке — киммерийский геосинклинальный комплекс (T_3 - J_2), сложенный флишевой, олистостромовой и другими морскими терригенными формациями, а также вулканогенно-осадочной островодужной формацией; (2) на северо-западе — субплатформенный эпикиммерийский моноклинально залегающий комплекс, включающий терригенные породы нижнего мела и терригенно-карбонатные породы верхнего мела — эоцена [10; 11; 15].

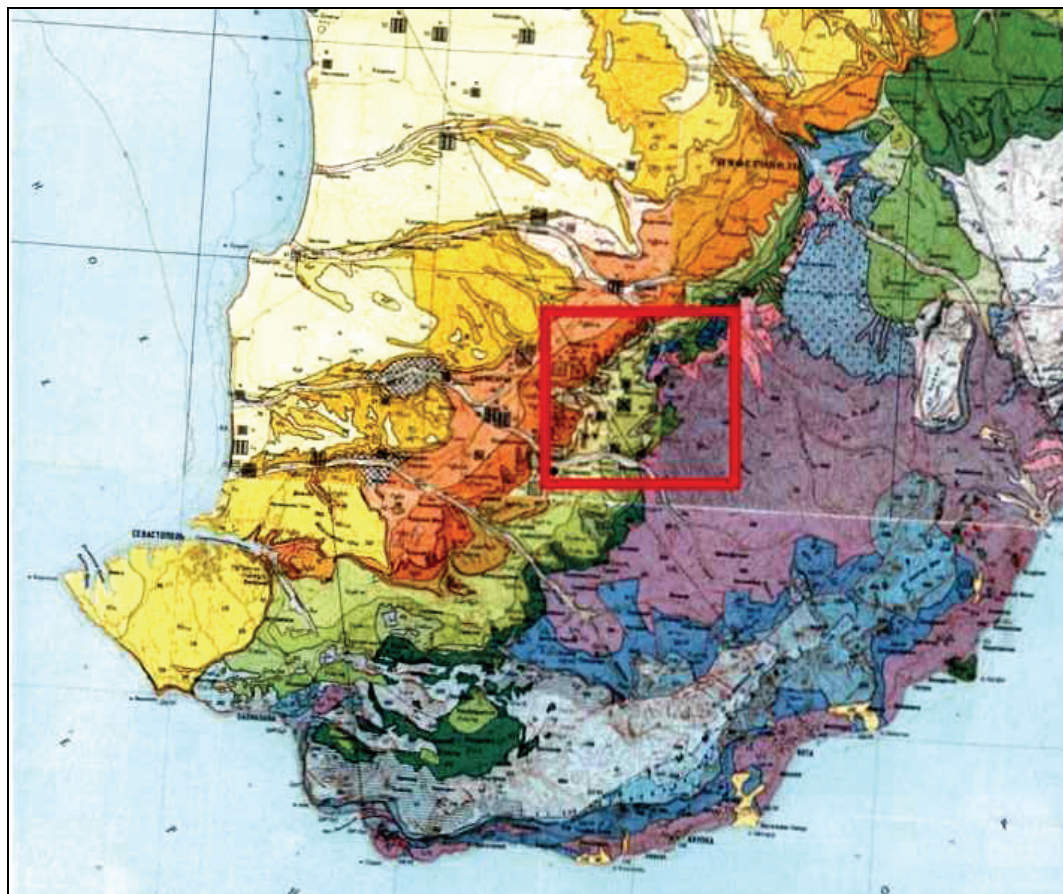


Рис. 1. Фрагмент геологической карты Горного Крыма [10].

Местоположение района исследований
окоптурено квадратной рамкой

Почвообразующие породы в районе представлены:

— в пределах киммерийского геосинклинального комплекса аргиллитами, алевролитами и песчаниками таврической серии (T_3-J_1tv) в юго-восточной части изучаемой территории, глинами с олистолитами известняков и песчаников мендерской свиты (J_2md), флишоидное чередованием глин и кварцевых песчаников джидаирской свиты (T_3dj) и вулканогенными породами бодракской свиты позднебайосского возраста [10—12];

— в пределах эпикиммерийского субплатформенного комплекса плотными и рыхлыми песчаниками с горизонтами глинистых алевролитов резанской свиты (K_1v-g_1), «цефалоподобными» известняками каясджилгинской свиты ($K_1g_2-br_2$), глинами биасалинской свиты (K_1br-ap_2), глинами, фангломератами и косослоистыми песчаниками мангушской свиты ($K_1al_3^1$), глауконит-кварцевыми песчаниками высокобугорской свиты ($K_1al_3^{2-3}$), мергелями белогорской свиты (K_2cm-t_1), известняками прохладненской свиты (K_2t_2-k), мергелями с прослоями киловых глин кудринской свиты ($K_2st-m_2^1$), песчаниками старосельской свиты ($K_2m_2^2$), а на северо-востоке — отложениями палеогена (мшанково-криноидными извест-

няками Белокаменской свиты (Pg_{1d-m}), мергелями качинской свиты (Pg_{1t}), глинами бахчисарайской свиты (Pg_{2i}) и нуммулитовыми известняками симферопольской свиты (Pg_{2l}) [10—12].

Долины постоянных и временных водотоков заняты аллювиальными и пролювиальными отложениями: слабосортированными русловыми галечниками, щебнем, дресвой в супесчано-суглинистом заполнителе [15].

Характеристика почвенного и растительного покрова. *Почвенный покров* исследуемого района весьма разнообразен ввиду пересеченного рельефа Горного Крыма и выхода на дневную поверхность материнских пород различного генезиса и состава.

Почвы второй гряды Горного Крыма представлены перегнойно-карбонатными и дерново-карбонатными разностями, бурыми лесными и бурыми горно-лесными остепненными почвами, остаточными карбонатными черноземами, коричневыми горно-щебнистыми почвами [1; 2; 3]. В ходе наших полевых исследований 1998—2002 гг. [5; 6; 8; 21] была проведена почвенная съемка в масштабе 1 : 25 000 и выделены семь доминирующих типов почв: на водоразделах — дерново-карбонатные на элювии известняков, мергелей и доломитов, дерновые на песчаниках, буроземы на андезито-базальтовых лавах, черноземовидные карбонатные на нуммулитовых известняках, terra rossa на карбонатных глинах и анкеритах. На крутых склонах, преимущественно представленных каменисто-щебнистыми образованиями, распространены литоземы, на почвообразующих породах разного генезиса и состава. В долинах постоянных и временных водотоков — аллювиально-луговые почвы (аллювиально-луговые слоистые и аллювиально-луговые глинисто-щебнистые).

В *растительном покрове* на исследуемой территории преобладают леса из дуба пушистого, занимающие преимущественно северную и центральную часть участка. Дуб скальный произрастает в наиболее возвышенной юго-восточной части района. Кизилловые и грабниковые дубняки развиты на севере исследуемой территории. В районе также распространены древесно-кустарниковые (шибляк) и полуантропогенные травянистые формации остепненных лугов (в центре и на юге), луговых степей (на севере), которые в той или иной степени деградировали вследствие длительного периода экстенсивного хозяйственного использования территории. Травянистые формации естественной растительности в бассейне р. Бодрак практически не сохранились [16; 17].

Методы исследований. *Комплексные полевые эколого-геохимические исследования* (1996—2002 гг.) включали изучение почвенно-растительного покрова территории и почвенных разрезов, с отбором образцов на определение общего и группового состава гумуса. В результате полевых работ было отобрано 226 проб почв и растений, отражающих разнообразие почвенно-растительного покрова и горных пород.

Лабораторные методы включали *эмиссионно-спектральный анализ* для определения концентраций химических элементов в пробах почв, донных отложений, растительности (чувствительность метода 10^{-3} — $10^{-4}\%$) и метод мокрого сжигания по И.В. Тюрину для оценки общего содержания органического углерода в почвах.

Для образцов, в которых на базе спектрального полуколичественного эмиссионного анализа установлены аномальные концентрации изученных элементов, был дополнительно проведен *рентгено-флюорисцентный элементный анализ* (РФА СИ) в Институте химической кинетики и горения Сибирского отделения РАН (ИХКиГ СО РАН) г. Новосибирска [13]. Определялось содержание 40 элементов в почвах, горных породах и донных отложениях. Чувствительность метода составляет 10^{-4} — $10^{-6}\%$.

На первом этапе статистической обработки применялся однофакторный дисперсионный анализ для оценки связи содержания микроэлементов в почвах с почвообразующими породами для всех отобранных проб (226).

На втором этапе методом корреляционного анализа (выборка в 157 образцов почв и растений) оценивалась теснота связи содержания микроэлементов в почвах и растительности.

На третьем этапе из всех изученных образцов почв, подвергнутых вышеперечисленным видам анализа, было отсортировано 136 образцов. Критерием отбора послужила полнота данных по содержанию гумуса, уровню карбонатности почвообразующих пород и ряду других факторов, которые будут подробно рассмотрены ниже. Полученная выборка была подвергнута кластерному анализу для идентификации в пределах исследуемой территории районов, наиболее близких по содержанию, миграции и аккумуляции вышеперечисленных элементов и дифференциации природных и техногенных факторов риска.

Влияние структурно-тектонического фактора на эколого-геохимические условия района. Исходя из изложенного выше материала, почвообразующие породы в пределах исследуемых структурно-тектонических комплексов представлены широким диапазоном литологических разностей пород. На 2003 г. выборка по 9 элементам включала до 226 данных по содержанию каждого из них в почвах. В результате *однофакторного анализа* было установлено, что содержание меди колеблется от 2,5 до 150 мг/кг в почвах в пределах эпикиммерийского субплатформенного комплекса (ЭСПК), и от 10 до 180 мг/кг в почвах, сформировавшихся в районе киммерийского геосинклинального комплекса (КГСК). При этом в 50% образцов почв ЭСПК содержание меди свыше 20 мг/кг, но не превышает 50 мг/кг, а для почв КГСК колеблется от 37 до 60 мг/кг. Среднее содержание меди в почвах в пределах ЭСПК составило 39,8 мг/кг, а для почв КГСК соответственно 55,04 мг/кг.

Похожая картина зависимости содержания элементов в почвах в пределах двух структурно-тектонических комплексов наблюдалась для цинка, никеля и кобальта. Помимо перечисленных тяжелых металлов в пределах КГСК наблюдалось более высокое содержание хрома, ванадия и молибдена. Их среднее содержание и ряд других статистик в ЭСПК превышают аналогичные характеристики в КГСК.

Для свинца значительных отклонений его содержания в почвенном покрове в зависимости от смены почвообразующих пород и структурно-тектонических условий не выявлено. По-видимому, его содержание в почвах исследуемого района в большей степени зависит от техногенного фактора. Для стронция наблюдалась значительно более высокое содержание в почвах в пределах ЭСПК (около

200 мг/кг), чем в пределах КГСК (около 100 мг/кг). Это может быть объяснено карбонатным составом пород ЭСПК, поскольку геохимия стронция тесным образом связана с геохимией кальция.

Максимальное содержание ряда элементов (цинк — 242 мг/кг, кобальт — 240 мг/кг) в пределах ЭСПК превышает их содержание в почвах КГСК. Однако подобные аномалии связаны с отдельными точками и в целом не влияют на общую картину. Существование их может объясняться целым рядом внешних факторов, не связанных с составом пород двух структурно-тектонических комплексов, в том числе и антропогенным воздействием.

При выполнении однофакторного анализа из выборки были исключены точки, расположенные в долинах постоянных и временных водотоков, а также в пределах сельскохозяйственных угодий, чтобы по возможности исключить влияние факторов латеральной миграции и техногенеза. Поэтому можно утверждать, что различия содержания элементов в почвах двух структурно-тектонических комплексов в значительной степени обусловлены различным составом почвообразующих пород.

Для почв, развитых на мощных аллювиально-делювиальных отложениях в долине реки Бодрака и его притоков, где наряду с содержанием валовых форм элементов в почвообразующей породе на состав почв огромное влияние оказывает латеральная миграция, наблюдается несколько иной состав исследуемых элементов.

Среднее содержание меди в почвах речных долин (50,99) выше, чем в почвах ЭСПК, и ненамного уступает среднему содержанию меди в почвах КГСК. Содержание микроэлементов в 50% образцов колеблется: медь — от 30 до 60 мг/кг, цинк — 56—110 мг/кг, свинец — 15—30 мг/кг, никель — 27,5—60 мг/кг, хром — 50—120 мг/кг, молибден — 5—12 мг/кг. Можно предположить, что более высокое максимальное значение для данных элементов связано с их относительным накоплением в результате водной миграции. Напротив, по содержанию кобальта, ванадия и стронция почвы речных долин уступают почвам КГСК.

В результате анализа зависимости содержания микроэлементов в почвенном покрове от типа почв было установлено: наибольшее содержание некоторых тяжелых металлов зафиксировано для дерново-карбонатных выщелоченных почв (меди — среднее — 60 мг/кг, цинка — 80 мг/кг, никеля — 80 мг/кг, кобальта — 20 мг/кг, хрома — 140 мг/кг). Для с/х почв также отмечено высокое содержание ряда элементов (меди — среднее — 60 мг/кг, цинка — 80 мг/кг, свинца — 25 мг/кг, хрома — 100 мг/кг).

Наиболее низкое содержание большинства перечисленных элементов характерно для литоземов. Также следует отметить, что самое низкое содержание молибдена и стронция отмечено для дерново-карбонатных выщелоченных почв.

Высокое содержание молибдена и ванадия характерно для буроземов, почв, развитых в пределах киммерийского геосинклинального комплекса. По содержанию тяжелых металлов эти почвы занимают промежуточное положение между литоземами и дерново-карбонатными почвами.

Для ряда исследуемых элементов в пределах киммерийского геосинклинального комплекса их содержание превышает установленные для них ПДК и ОДК

[14; 18]. Содержание стронция в почвах КГСК в два-три раза меньше, чем в почвах ЭСПК.

Однофакторный анализ содержания 9 исследуемых элементов в растительном покрове (выборка — размером 157 элементов) выявил, что наибольшее содержание меди характерно для травяных сообществ (от 5 до 35 мг/кг). Травянистые сообщества лидируют также по содержанию цинка, молибдена и стронция. Наибольшее содержание свинца и кобальта отмечено для растительности сельскохозяйственных угодий. В листьях дуба зафиксировано более высокое содержание хрома и ванадия.

Значимые положительные корреляционные связи по содержанию микроэлементов в почвах и в растениях были отмечены только для меди и для хрома в пределах КГСК. Для ванадия в образцах, отобранных из района ЭСПК, и молибдена в образцах, отобранных в пределах КГСК, наблюдались значимые отрицательные связи в анализируемой системе «почва—растение», что может свидетельствовать о том, что данный элемент находится в почве в недоступной для растений форме (табл. 1).

Таблица 1

**Коэффициент корреляции в системе «почва—растения»
на киммерийском (бескарбонатном) и эпикиммерийском (карбонатном) комплексе**

Элементы в системе «почва — растения»	Структурно-тектонический комплекс:	
	киммерийский (КГСК)	эпикиммерийский (ЭСПК)
Cu	0,565	0,443
Zn	-0,347	0,021
Pb	-0,123	-0,414
Ni	0,192	0,144
Cr	0,547	-0,086
V	-0,210	-0,426
Mo	-0,423	-0,070
Sr	-0,300	0,377

Оценивая влияние горных пород на содержание элементов в растительности, не следует пренебрегать таким фактором, как видовая специализация. Исследуя данный вопрос на основе той же базы данных, мы установили, что наибольшая концентрация меди характерна для ромашки, цинка и молибдена для осоки, кобальта, ванадия и хрома для тысячелистника, никеля для дуба, стронция для осоки и клевера. Для ряда исследуемых элементов в системе «почва—растения» были выявлены значимые положительные корреляционные связи (табл. 2).

Таблица 2

Корреляция элементов в системе: «растения—почва»

	Тысячелистник	Листья дуба	Клевер	Ромашка	Укос	Всего
Cu	-0,46	0,51	0,53	-0,17	0,213	0,234
Pb	0,21	0,29	-0,13	0,709	0,154	0,154
Ni	0,42	-0,11	0,76	0,015	0,116	0,116
V	0,47	-0,28	0,52	0,581	0,065	0,065
Mo	0,14	-0,08	0,03	0,333	-0,044	-0,044
Sr	0,83	-0,30	-0,04	0,541	-0,324	-0,324
Zn	-0,069	-0,296	0,265	0,517	-0,027	-0,027
Cr	0,26	-0,15	0,64	0,459	-0,087	-0,087

Результаты кластерного анализа. На основе единой базы данных (выборка — 136 данных по содержанию каждого из 9 элементов в почвах) был выполнен **кластерный анализ** с целью установления в пределах исследуемой территории районов, наиболее близких по содержанию вышеупомянутых элементов в почвах, и анализа природных и техногенных факторов, влияющих на их миграцию и аккумуляцию в системе «почва—растение».

Параметрами построенной дендрограммы (рис. 2) были взяты девять ландшафтно-литологических факторов: гумус в A_1 (%), проективное покрытие (%), залесенность (%), мощность горизонта A_1 (см), крутизна склона (град.), вертикальная (м) и горизонтальная ($\text{км}/\text{км}^2$) расчлененность рельефа, карбонатность горных пород (%), их гранулометрический состав (песок/суглинок) и содержание 9 элементов (медь, цинк, свинец, никель, кобальт, хром, ванадий, молибден, стронций) в почвах (всего 18 параметров). Было построено три дендрограммы — по содержанию 9 элементов, по 9 ландшафтно-литологическим факторам и по всем 18 параметрам. В результате наиболее четкие пространственные взаимосвязи были установлены только для последней из них.

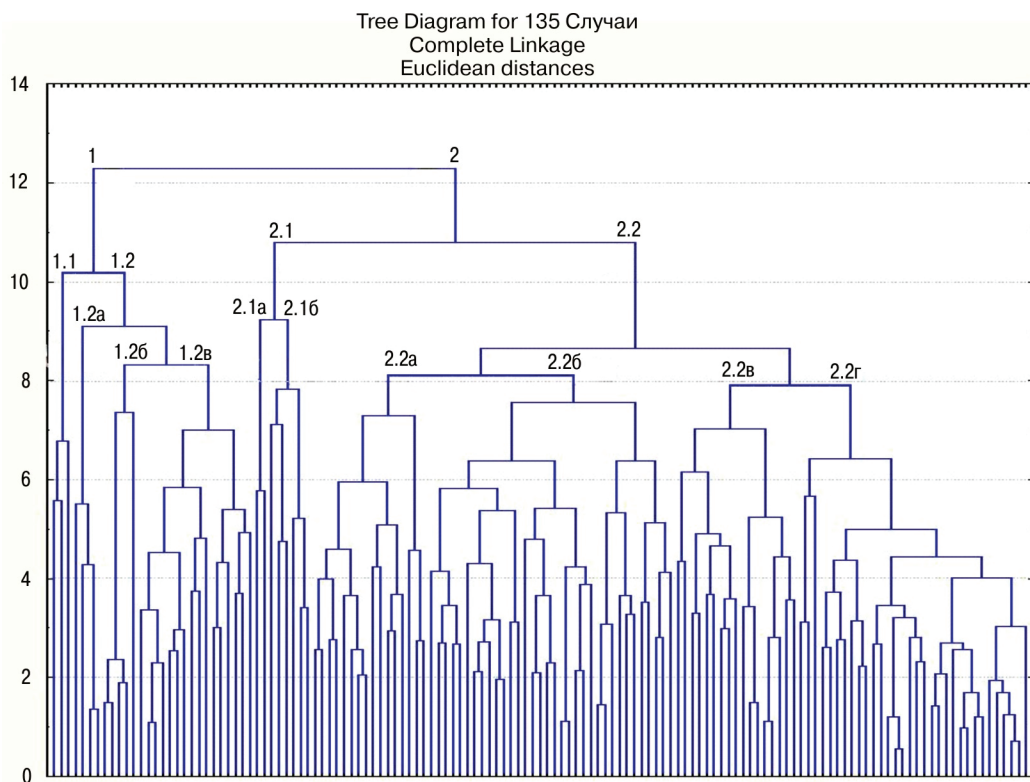


Рис. 2. Дендрограмма по содержанию 9 элементов в почвах и 9 факторам, влияющим на их миграцию.

- 1.1 — 3 точки — тальвег и склон оврагов и долина р. Бодрак, на карбонатных породах мела, перекрытые аллювиальными галечниками или пролювиальными суглинками.
- 1.2 — 25 точек — вершины и склоны, на бескарбонатных отложениях триаса — юры.
- 2.1 — 8 точек — вершины и склоны г. Сель-Бухра и г. Мендер, на карбонатных породах.
- 2.2 — 99 точек — преимущественно на карбонатных породах, а также в долинах постоянных и временных водотоков, на бескарбонатных четвертичных суглинках

В результате анализа дендрограммы по всем 18 параметрам выявлено два геолого-геоморфологических района, различающихся по содержанию исследуемых элементов в почвах: 1) долины постоянных и временных водотоков и водораздельные поверхности на карбонатных породах палеогена и мела и 2) водораздельные поверхности на бескарбонатных породах триасового и юрского периодов. По условиям миграции элементов установлены различия между северными и южными склонами квест исследуемой территории, существенно различающихся интенсивностью биологического круговорота.

Совокупный анализ всех вышеперечисленных параметров для тех же точек (для той же выборки) позволил установить наличие следующих кластеров.

Две основные группы, дифференцируемые на высшем уровне, объединили:

— 28 точек, расположенных преимущественно в пределах киммерийского геосинклинального комплекса на бескарбонатных четвертичных отложениях;

— 107 точек, приуроченных к району распространения эпикиммерийского субплатформенного комплекса (на карбонатных породах).

Этот факт подтвердил значение горных пород (литогенного фактора) в районе исследований как ведущего источника химических элементов в почвах и фактора, определяющего особенности их миграции.

Анализ кластеров нижних уровней сверху вниз позволил выявить следующие группы районов, связанные с положением в рельефе, в том числе опосредованным типом отложений (рис. 2).

На этом этапе, наряду со значением состава горных пород, большое влияние при дифференциации территории приобретает рельеф. Влияние других исследуемых факторов пока минимально.

Продолжая анализировать дендрограмму, мы выделили еще десять кластеров следующего уровня взаимосвязи:

1.1. — 3 точки — без изменений;

1.2. — а) 4 точки — мендерская свита (глины с известняками и песчаниками) и пролювиальные суглинки, б) 5 точек — преимущественно вулканогенные породы бодракской свиты или перекрывающие их отложения верхнего мела, в) — 16 точек — аргиллиты, алевролиты и песчаники таврической серии, а также бескарбонатные четвертичные суглинки в долинах временных водотоков;

2.1. — а) 2 точки — тальвег и склон оврагов, на карбонатных породах мела, б) 6 точек — карбонатные породы раннего мела;

2.2. — а) 16 точек — в долинах постоянных и временных водотоков, преимущественно по тальвегу, исключение — бескарбонатные четвертичные отложения на юго-востоке исследуемой территории, б) 34 точки — в долинах постоянных и временных водотоков, преимущественно борта, склоны, на бескарбонатных породах, в) 17 точек — на вершинах и пологих склонах квест, карбонатные породы ЭСПК (палеоген и мел), г) 32 точки — на карбонатных породах, преимущественно нижнего мела.

Для совокупности данных для каждого кластера были рассчитаны коэффициенты корреляции между всеми анализировавшимися параметрами. Таким об-

разом, определялось индивидуальное влияние каждого из исследуемых параметров на другой параметр, в пределах выделенных в ходе кластерного анализа территорий, сходных по содержанию элементов в почвах и условиям, влияющим на их накопление.

Для районов распространения КГСК — кластер 1 (28 точек) характерны: отрицательная взаимосвязь между проективным покрытием и залесенностью ($-0,783$), горизонтальной расчлененностью ($-0,444$) и карбонатностью почв ($-0,474$). Залесенность, напротив, положительно взаимосвязана с карбонатностью почв, что соответствует данным полевых маршрутных наблюдений. Полевые данные подтверждают, что леса в пределах выделенного кластера характеризуются слабо развитым травяным покровом и приурочены преимущественно к пологим склонам квест бронируемым карбонатными породами. Исключение составляют лесопосадки.

Содержание гумуса и мощность гумусового горизонта практически не оказывают влияние на содержание элементов в почвах первого кластера, что, по-видимому, объясняется слабо развитым почвенным покровом. Значительная отрицательная связь содержания кобальта и стронция с плотностью проективного покрытия ($-0,4$) и положительная связь с залесенностью территории ($0,5$) может быть объяснена видовой специализацией растений.

На содержание кобальта ($0,468$), а также цинка ($0,602$) заметное влияние оказывает также карбонатность почвообразующих пород. Размер выборки кластеров 1.1, 1.2а, 1.2б не позволил применить метод парной корреляции. Для кластера 1.2в наблюдались те же закономерности, что и для всего кластера 1. Для кластера 2.1 (8 точек) зафиксирована положительная взаимосвязь мощности горизонта A_1 ($0,505$) и содержания гумуса ($0,692$) от плотности проективного покрытия растительности и высокая отрицательная связь всех перечисленных параметров с залесенностью. Леса в пределах данного кластера, как правило, вторичны, на слабо развитых сильно смытых почвах. Наблюдались также отрицательная взаимосвязь содержания гумуса в горизонте A_1 и гранулометрического состава ($-0,5$) и положительная ($0,46$) мощности горизонта A_1 и гранулометрического состава. Для кластера 2.2а (16 точек) можно отметить незначительные связи всех исследуемых параметров, за исключением положительной связи «мощность A_1 — проективное покрытие» и отрицательной «мощность A_1 — залесенность». По содержанию элементов в почве можно отметить высокую положительную связь между содержанием свинца и гумуса в горизонте A_1 , что, по-видимому, свидетельствует о наличии биогеохимического барьера. Для меди и цинка отмечена отрицательная связь с плотностью проективного покрытия и мощностью горизонта A_1 , по-видимому, они прочно связаны с карбонатами. Для никеля обнаружена положительная взаимосвязь с гранулометрическим составом ($0,474$); для хрома, молибдена и ванадия — отрицательная взаимосвязь с мощностью A_1 и карбонатностью пород, для стронция — отрицательная связь ($-0,505$) с крутизной склона, однако влияние перечисленных факторов на миграцию указанных элементов требует дальнейшего изучения. Для кластера 2.2б (34 точки) характерны положительная связь

содержания гумуса в горизонте A_1 , проективного покрытия и карбонатности пород, и отрицательная связь содержания гумуса и залесенности, по-видимому, по той же причине, что и для кластера 1. Все исследуемые параметры незначительно влияют на содержание выбранных элементов в почве. Тем не менее, отмечена положительная связь содержания кобальта и плотности проективного покрытия (0,408). С другой стороны, выявлены отрицательные связи кобальта и стронция с горизонтальной расчлененностью. По-видимому, на содержание этих элементов здесь большое влияние оказывает водная миграция.

Для кластера 2.2в (17 точек) было выявлено: высокая положительная взаимосвязь содержания гумуса, залесенности территории (0,729) и гранулометрического состава почв (0,823), отрицательная связь гумуса, проективного покрытия и крутизны склонов, а также незначительное влияние содержания гумуса на содержание исследуемых элементов в почве. Наблюдалась также высокая положительная связь карбонатности пород с вертикальной расчлененностью территории (0,642) и отрицательная связь с горизонтальной расчлененностью (–0,790), что может быть объяснено моноклинальным залеганием пород. Для всех элементов характерна положительная взаимосвязь с плотностью проективного покрытия, за исключением стронция (–0,472). Для стронция можно отметить также положительную взаимосвязь с крутизной склона, вертикальной расчлененностью и карбонатностью пород.

Для кластера 2.2г (32 точки) характерна высокая отрицательная связь для пар «карбонатность пород — гранулометрический состав» и «содержание гумуса — горизонтальная расчлененность». Положительная связь, отмеченная для залесенности территории и крутизны склонов, объясняется преимущественно искусственной залесенностью склонов в пределах рассматриваемой территории (лесопосадки).

Для исследуемых элементов отмечена отрицательная связь их содержания в почве с карбонатностью почвообразующих пород (от –0,52 до –0,89), за исключением стронция (0,439). Следует также отметить положительную связь никеля и молибдена с мощностью A_1 и отрицательную связь кобальта и хрома с плотностью проективного покрытия.

Таким образом, статистический анализ установил 1) ведущую роль геолого-структурных факторов в формировании эколого-геохимических условий в бассейне р. Бодрак; 2) антропогенные факторы проявляют себя только на локальных участках.

Заключение. Анализ эколого-геохимической обстановки позволяет заметить, что повышенное содержание меди в почвах, на локальном уровне, приурочено в основном к тальвегам крупных оврагов (Шара, Мендер, Мангушский), а также прирусловой части р. Бодрак, что обусловлено преобладанием миграции меди в водной среде и ее накоплением в нижних аккумулятивных звеньях эрозионной сети. Обращает внимание, что почти все выделенные аномалии содержания меди в растительности (подножие юго-восточного склона г. Мендер Крутой, юго-восточная часть русла Бодрака) пространственно соответствуют местополо-

жению современных пахотных угодий или использовались ранее под садовые культуры.

Максимальная концентрация цинка выявлена в почвах и растительности, отобранных в районе распространения пород вулканогенно-осадочного комплекса.

Повышенные концентрации исследованных элементов в почвах преимущественно связаны с составом почвообразующих пород, а в растительности — с районами накопления подвижных форм этих элементов, преимущественно в долине р. Бодрак и ее основных притоков.

Повышенное содержание цинка, никеля, кобальта и хрома в почвах характерно в основном для долин постоянных и временных водотоков. В растительности цинк и никель концентрируется преимущественно в районах, используемых в сельском хозяйстве. С точки зрения природных геохимических аномалий наибольшая концентрация цинка отмечена в почвах и растительности в районе вулканогенно-осадочного комплекса.

Таким образом, проведенный анализ данных показал, что содержание всех исследуемых элементов, за исключением стронция, в почвах, развитых в пределах эпикиммерийского субплатформенного комплекса, значительно ниже (для ряда биофильных элементов выявлены аномалии недостатка), чем в почвенном покрове в районе киммерийского геосинклинального комплекса.

Аномалии избытка токсичных элементов в почвах и растениях зафиксированы в пределах развития бескарбонатных пород и в долине р. Бодрак.

Можно констатировать, что в пределах изученного района в формировании эколого-геохимических условий основной вклад вносят природные факторы, влияние техногенных факторов проявляется только на локальном уровне в пределах сельхозугодий, расположенных в долине реки и временных водотоков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Антипов-Каратаев И.Н., Прасолов Л.И. Почвы Крымского государственного лесного заповедника и прилегающих местностей. — Л.: Академия наук СССР, 1932.
- [2] Атлас. Автономная Республика Крым // А.И. Бочковская, Б.А. Вахрушев, С.А. Карпенко и др. / Ред. коллегия Н.В. Багров, Л.Г. Руденко. Институт географии НАН Украины, Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ЗАО «Институт передовых технологий». — Киев-Симферополь, 2003.
- [3] Багров Н.В., Багрова Л.А., Бобра Л.А. и др. Экология Крыма / Под ред. Н.В. Багрова и В.А. Бокова. — Симферополь: Крымучпедгиз, 2003.
- [4] Барбошкин Е.Ю. Путеводитель геологической экскурсии. Школа седиментологии «Карбонатные коллектора». — М.: МГУ, 2007.
- [5] Барбошкина Т.А., Березкин В.Ю., Ермаков В.В., Еришов А.Ю. и др. Комплексные полевые эколого-геологические исследования бассейна реки Бодрак // Полевые студенческие практики в системе естественнонаучного образования вузов России и зарубежья. — СПб.: СПбГУ, 2002. — С. 13—15.
- [6] Барбошкина Т.А., Березкин В.Ю., Ермаков В.В., Карпова Е.А. и др. Эколого-геологические условия бассейна р. Бодрак (Крымско-Кавказская горная зона) // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. — Семипалатинск, Казахстан, 2006. — Т. 2. — С. 441—447.

- [7] *Барбошкина Т.А., Никитин М.Ю., Никулин М.Ю. и др.* Геохимические и геофизические факторы экологического риска междуречья Качи и Бодрака (Юго-западный Крым). Устойчивое развитие горных территорий. — Владикавказ, 2001.
- [8] *Березкин В.Ю., Барбошкина Т.А.* Картографирование почвенного покрова территории междуречья рек Бодрака и Качи (Горный Крым) // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов. Книга 3. — М., 2000. — С. 15—16.
- [9] *Березкин В.Ю., Баранов Ю.Б., Туров А.В. и др.* Компьютерное картографирование Крымского геологического полигона // Наука, образование, производство в решении экологических проблем. — Уфа, 2002. — С. 386—388.
- [10] Геологическая история Бахчисарайского района Крыма // А.М. Никишин, Е.Ю. Барбошкин, Л.Ф. Копаевич и др. / Под ред. А.М. Никишина. — М.: Изд-во МГУ, 2006.
- [11] Геологическое строение междуречья Качи и Бодрака / Под ред. О.А. Мазаровича — М.: Изд-во МГУ, 1989.
- [12] *Косинова И.И., Барбошкина Т.А.* Практикум к учебной полевой практике по экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. — Воронеж: ВГУ, 2006.
- [13] *Куценогий К.П.* РФА СИ в биогеохимических исследованиях / Актуальные проблемы геохимической экологии. Материалы V Международной биогеохимической школы. — Семипалатинск, Казахстан, 2005. — С. 55—57.
- [14] *Лошкарёва А.А., Гаврилова И.П., Барбошкина Т.А.* Ландшафтно-геохимическая карта бассейна р. Бодрак (Вторая гряда Крымских Гор) / Сергеевские чтения. Вып. 4. — М.: ГЕОС, 2003. — С. 45—49.
- [15] *Никитин М.Ю., Седаева К.М., Майорова Т.П.* Путеводитель по первой Крымской геологической практике: Учебное пособие. Ч. I. — М.: Изд-во МГУ, 2004.
- [16] *Павилова Т.В., Солнцев В.Н.* Изучение ландшафтов Горного Крыма (для решения задач экологической геологии). Экологическая геология и рациональное недропользование. — СПб., Россия, 2002. — С. 294—295.
- [17] Природные комплексы Крыма, их оптимизация и охрана. — Симферополь: Изд-во СГУ, 1984.
- [18] *Титаренко А.А., Лошкарёва А.А., Прошлякова О.Д. и др.* Влияние различных факторов на миграцию элементов в системе «почва—растение» на примере Горного Крыма / Экологическая геология и рациональное недропользование. — СПб, Россия, 2002. — С. 334—335.
- [19] *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барбошкина Т.А. и др.* Эколого-геологические карты // Под ред. В.Т. Трофимова. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002.
- [20] *Baraboshkina T.A., Berezkin V.Y., Klueva O.A.* An Ecological-geochemical evaluation of Mountain Crimea Region // European Union of Geosciences. The Earth Environment — Human Health — Ecosystem Health. J01: 3P/05 : PO. — P. 50.
- [21] *Baraboshkina T.A., Loshkareva A.A., Berezkin B.U.* Ecological geochemical conditions of a country between Kacha and Bodrack // Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century / Krakov / Poland. 2001. — P. 1027—1029.
- [22] *Baraboshkina, T.A., Loshkareva, A.A., Golovanov, D.L. and Berezkin V.I.* Engineering-Ecological Conditions of Agricultural Territories of the Crimea Mountain pp. 857—864 // proceedings (CD-ROM) / The 9th Congress IAEG «Engineering Geology for Developing Countries» 2002 — Durban, South Africa / Editors J.L. van Rooy and C.A. Jermy DTT 1948.

**ECOLOGY-GEOCHEMICAL CONDITIONS
OF TERRITORY BASIN OF BODRAK RIVER
(The Crimean-Caucasian mountain zone)**

T.A.Baraboshkina

Lomonosov Moscow State University
Leninskiye Gory, 1, Moscow, Russia, 119899

V.U. Berezkin, E.M. Korobova, E.A. Karpova

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry
Russian Academy of Sciences
Kosygin str., 19, Moscow, Russia, 119991

K.P. Koutsenogii, T.I. Savchenko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences
Institutskaya str., 3, Novosibirsk, Russia, 630090

There are results of researches the distributions elements (copper, zinc, lead, nickel, cobalt, chrome, vanadium, molybdenum and strontium) in soils and plants on test side in basin of Bodrak-river (Mountain Crimea). There are carbonate rocks of Epikimmerian complex and terrestrial deposit of Kimmerian complex in this region. Influence of such rocks to differentiation this elements in soils and plants had been show by method of correlation analysis. Also, contaminations of such elements are depended from alluvial quaternary sediment and of agricultural works.

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ХРОМИТОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ «ЦЕНТРАЛЬНОЕ» (Ямало-Ненецкий АО)

С.В. Реутина

Российский университет дружбы народов,
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В статье излагаются данные о географическом положении месторождения «Центральное», проведенных экологических исследований на территории деятельности предприятия ОАО «Конгор-Хром». Перечисляются источники воздействия на окружающую среду. Кратко излагается технологическая схема и система разработки месторождения хромитовых руд. Результаты проведенных экологических исследований подробно отражены в виде таблицы с данными отбора проб воды и донных отложений рек, а также таблицы с данными Обь-Иртышского УГМС о фактическом среднегодовом содержании химических веществ в воде р. Сось. Дано заключение о воздействии на окружающую среду деятельности ОАО «Конгор-Хром».

Месторождение «Центральное» локализовано на территории площадью около 2 км² в центральной части горного массива Рай-Из (Полярный Урал). Оно было открыто в 1968 году, но в связи с удаленностью от промышленных центров начало разрабатываться только в 2003 году. Ближайшие населенные пункты (поселки Полярный, Харп, Обская) находятся на расстоянии 20—90 км от участка месторождения. Между населенными пунктами проложены грунтовые автодороги, которые соединяют район месторождения не только с указанными населенными пунктами, но и с железной дорогой Москва-Лабытнанги.

В г. Лабытнанги существуют предприятия рыбо- и лесоперерабатывающей промышленности. Река Обь, протекающая в районе г. Лабытнанги и г. Салехард, является крупной водной артерией России и имеет связь с Северным морским путем. Она судоходна на протяжении более 4 тыс. км от южных районов Западной Сибири, включая крупные промышленные центры г. Барнаул, г. Новосибирск, г. Нижневартовск, г. Сургут, а по главному притоку — р. Иртыш — связана с г. Омск [1].

Летом 2007 года мы выполняли экологические исследования на территории предприятия ОАО «Конгор-Хром» с целью оценки степени воздействия добывающего производства на окружающую среду. Нами были выбраны следующие основные объекты наблюдения:

- а) месторождение «Центральное»;
- б) участок автодороги: месторождение «Центральное» — п. Харп;
- в) предприятие по переработке хромитовой руды «Айсберг».

В результате проведенных исследовательских работ было выявлено, что разведка и эксплуатация месторождения создают критическую экологическую обстановку в регионе с весьма неустойчивыми климатическими условиями. Для минимизации и предотвращения негативных последствий в сложившихся экосистемах при техногенных вмешательствах требуется комплексный подход.

На месторождении «Центральное» проводятся геологоразведочные работы с одновременной попутной добычей хромитовых руд. Добыча этих руд осуществляется на двух карьерах: Северном и Южном (см. рис. 1) [2]. Расстояние между карьерами составляет 100 м. На расстоянии 2 км от Северного карьера расположен вахтовый поселок и склад ГСМ. Склад взрывчатых материалов находится в 1,5 км от карьеров на юго-восток. Для обеспечения рудника и вахтового поселка электроэнергией имеется дизельная электростанция.

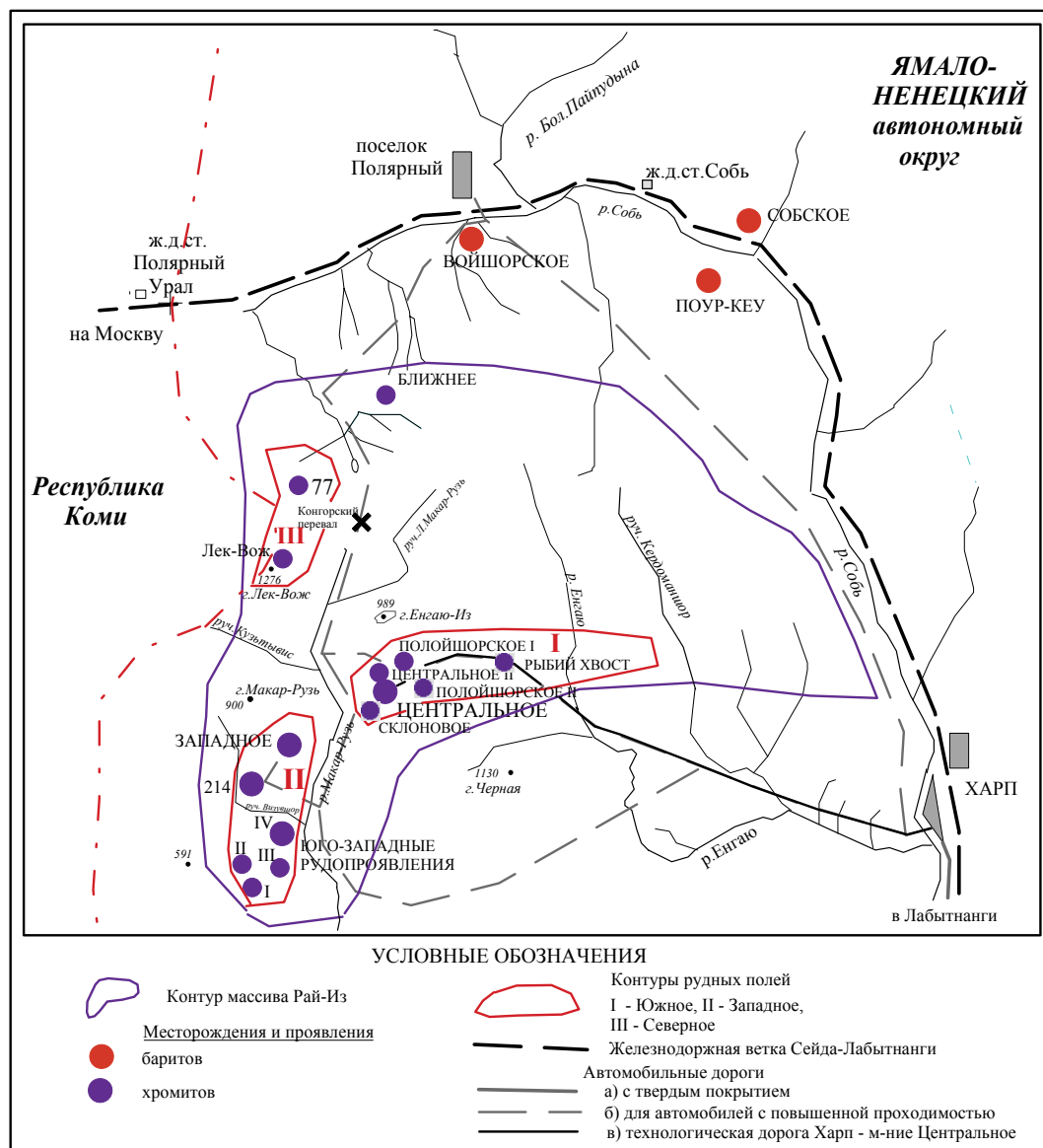


Рис. 1. Схематическая карта Рай-Изского хромитового рудного района

Источниками воздействия на окружающую среду являются вахтовый поселок, дорожно-эксплуатационная служба, склад ГСМ, производство сварочных работ, буровзрывных работ, работа спецтехники в карьере и вывоз руды в п. Харп.

Технологическая схема и система разработки месторождения предполагают транспортировку вскрышного материала автотранспортом за пределы карьера с последующим формированием внешнего отвала. Место размещения отвала пустых пород выбрано с восточной стороны карьера. Геологические и экономические условия диктуют размещать отвалы пустых пород с восточной стороны карьера.

Физико-химические свойства горных пород показывают, что подготовку горной массы к выемке возможно производить только с применением буровзрывных работ. В качестве ВВ предусмотрено использовать эмульсолит, в качестве средств взрывания — неэлектрическую систему взрывания повышенной безопасности. Погрузка взорванной горной массы производится гидравлическими экскаваторами в автосамосвалы.

Полевые работы были проведены в летний период 2007 г. Опробование донных отложений рек Енгаю и Полойшор осуществили в четырех точках, совмещенных с пунктами отбора поверхностных вод (9 проб). Ведомость отбора проб поверхностных вод и донных отложений представлена в таблице 1.

Таблица 1

Ведомость отбора проб воды и донных отложений (2007 г.)

№ п/п	Наименование пробы Т, °С	Место отбора пробы	Дата: время отбора
1	Вода с поверхности +7 °С	Карьер, месторождение «Центральное»	20.07.07:10—30
2	Донные отложения	Карьер, месторождение «Центральное»	20.07.07:10—45
3	Вода с поверхности +5 °С	руч. Полойшор (течет со стороны месторождения «Центральное»)	20.07.07:13—00
4	Донные отложения	руч. Полойшор	20.07.07:13—10
5	Вода с поверхности +5 °С	р. Енгаю (вода чистая до впадения руч. Полойшор)	20.07.07:13—45
6	Донные отложения	р. Енгаю	20.07.07:14—00
7	Вода	Штольня (сочающаяся стена)	26.07.07:14—30
8	Вода с поверхности +10 °С	р. Собь (после моста — перевозка руды)	01.08.07:8—00
9	Вода с поверхности +14 °С	Озеро возле обогатительной фабрики	01.08.07:8—30
10	Донные отложения	Озеро возле обогатительной фабрики	01.08.07:8—40
11	Вода с поверхности +6 °С	руч. Рубиновый	01.08.07:11—00
12	Вода с поверхности +8 °С	р. Макар-Рузь (выше ручья — чистая вода)	01.08.07:14—00
13	Вода с поверхности +8 °С	р. Макар-Рузь (ниже ручья — на уровне карьера)	01.08.07:14—55

О содержании органических веществ в воде и их качественном составе судят по величинам окисляемости, БПК и цветности воды. Поскольку эти величины в значительной мере зависят от распространения торфяно-болотных и заболоченных почв, а также лесных массивов, наибольшие значения их отмечаются в нижнем течении р. Собь, где ее водосбор наиболее заболочен и более лесист, а наименьшие — в горной части бассейна. Цветность воды, БПК и окисляемость

в среднегодовом измерении меняются незначительно, но их сезонные изменения весьма заметны [3].

В таблице 2 приводятся данные сравнения содержания химических элементов и других параметров по годам.

Таблица 2

**Среднее годовое содержание некоторых химических веществ
в воде р. Сось у п.г.т. Харп (по данным Обь-Иртышского УГМС)**

Химические вещества	Концентрация, мг/л				
	1984	1985	1986	1987	2007
Растворенный кислород	11,80	9,05	9,96	11,1	—
БПК ₅	—	—	3,16	2,47	—
ХПК	19,2	13,4	13,4	14,9	10,5
Взвешенные вещества	12,7	24,3	7,80	3,7	6,0
Азот аммонийный	0,30	0,39	0,14	0,19	<0,05
Азот нитратный	0,05	0,16	0,02	0,04	—
Азот нитритный	0,004	0,009	0,012	0,005	—
Нефтепродукты	—	—	0,21	0,32	0,03
СПАВ	0,03	0,03	0,01	0,00	0,015
Фенолы	0,006	0,000	0,001	0,001	< 0,002
Никель	0,009	0,048	0,002	0,003	0,001
Медь	0,010	0,007	0,005	0,006	0,0019
Железо	0,39	0,47	0,50	0,52	0,05
Свинец	0,002	0,002	0,000	0,004	0,0035
Цинк	Н\о	—	—	—	0,018

При разработке карьера хромовых руд происходит нарушение естественного облика ландшафта. Анализ химического состава воды р. Сось выявил следующие загрязняющие вещества. Это нефтепродукты, фенолы, медь и железо (см. табл. 2) [3]. Базовая концентрация меди и железа достаточно велика, что связано с их природным происхождением [4]. В том, что концентрация загрязняющих веществ была гораздо выше за предыдущие 20 лет, есть разумное объяснение: в период поисковых работ не было ни благоустроенных дорог, ни мостов через реки и ручьи. А на стадии разработки были возведены мосты и отсыпаны дороги.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Изучение реки Оби и ее притоков в связи с хозяйственным освоением Западной Сибири (статья В.И. Уваровой и В.Н. Шулаева) — Л., 1989.
- [2] Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Тюмень-Салехард. — Омск: ФГУП «Омская картографическая фабрика», 2004.
- [3] Отчет по полевым инженерно-экологическим исследованиям, 2-й этап, исполнитель: ООО «МНП «ГЕОДАТА». — Тюмень, 2006.
- [4] Шулаев В.Н. Современное значение реки Соби в воспроизводстве сиговых рыб // В кн.: Гидробионты Обского бассейна в условиях антропогенного воздействия. — СПб., 1995.

**SOURCES OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION
ON A CHROMIC DEPOSIT «CENTRAL»
(Yamal-Nenets Autonomous Region)**

S.V. Reutina

Russian Peoples Friendship University
Miklukho-Maklay str., 6, Moscow, Russia, 117198

In clause data about a geographical position of a deposit «Central», the lead ecological researches in territory of activity of the enterprise of Open Society «Kongor-Chrome» are stated. Sources of influence on an environment are listed. The technological scheme and system of development of a deposit of chromic ores is briefly stated. Result of the lead ecological researches are in detail reflected in the form of the table with data of sampling of water and ground adjournment of the rivers, and also tables with data Ob'-Irtishskogo Management of Hydrometeorological service about the actual mid-annual maintenance of chemical substances in water the river Sob'. It is drawn the conclusion about influence on an environment of activity of Open Society «Kongor-Chrome».

ВОЗДЕЙСТВИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТООБРАБОТАННОЙ ВОДЫ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

М.Г. Барышев, С.С. Джимак, А.М. Кадамша

Физико-технический факультет
Кубанский государственный университет
ул. Ставропольская, 149, Краснодар, Россия, 350040

На основе методики исследования изменения емкостной составляющей полного сопротивления экстракционного раствора под воздействием магнитного поля найдены резонансные частоты для семян подсолнечника сорта Бузулук. Приведены результаты лабораторных опытов по исследованию воздействия магнитообработанной воды на изменение энергии прорастания и всхожести семян подсолнечника. Исследовано изменение коэффициента пропускания магнитообработанной воды в инфракрасном спектре в зависимости от частоты воздействующего на воду магнитного поля.

Известно, что возникающие под действием электромагнитного поля (ЭМП) эффекты в биологических объектах различаются в зависимости от выбранного диапазона частот, времени, интенсивности воздействия и других факторов [1—3]. До настоящего времени, несмотря на наличие большого количества высказанных гипотез (гипотеза ионного циклотронного резонанса, стохастического резонанса, параметрического, перераспределение температурных колебаний и др.), не существует теории, удовлетворительно объясняющей механизм действия ЭМП на биологические объекты. Существует предположение, что одним из первичных объектов для воздействия ЭМП на биологические объекты является вода, и именно она передает объекту оказанное на нее воздействие [4—6]. В этом случае действие низкочастотного ЭМП на воду должно носить резонансный характер, как и его действие на биологические объекты.

Для проверки этого предположения нами проводилось воздействие ЭМП на дистиллированную воду сопротивлением 102—104 Ом.

Материалы и методы. Дистиллированная вода в герметично закрытой стеклянной емкости обрабатывалась электромагнитным полем при помощи генератора низкочастотных сигналов ГЗ-118, к которому подсоединялась катушка индуктивности с 2500 витков в экранированной камере. В камере создавалась напряженность электромагнитного поля, равная 0,5 А/м. Резонансная частота для обработки воды НЧ МП определялась по методике Барышева [7], суть которой

состояла в исследовании изменения емкостной составляющей полного сопротивления экстракционного раствора под воздействием магнитного поля с определенной частотой за фиксированный период времени наблюдения.

Семена подсолнечника сорта Бузулук помещались во влажную марлю на сутки в термостат, температура которого поддерживалась на уровне 30 °С. Далее отбирались проросшие семена соответственно ГОСТ 12038-84. Семена отбирались по 30 штук в каждую пробу. Эксперимент предусматривал две пробы плюс контроль в двух повторностях. Каждой из двух проб соответствовала определенная частота, на которой вода обрабатывалась магнитным полем. Семена по 30 штук закладывались в марлевые мешочки и на 1 час опускались в обработанную электромагнитным полем воду объемом 125 мл. Контроль закладывался в обычный дистиллят. Вторая повторность закладывалась через 30 минут после первой. Далее каждый мешочек промывался в теплой воде (температура около 30 °С). После промывки семена закладывали на проращивание рулонным методом. На влажную фильтровальную бумагу размерами 40 × 50 см выкладывались семена на расстоянии 1,5—2 см от края корешками вниз и 2—2,5 см друг от друга в 4 ряда в шахматном порядке. Рулон опускался в стаканчик с водой, температура которой равнялась 25 °С, и помещался в термостат [8]. Стаканчики с рулонами ставили в экранированные емкости. Емкости помещались в термостат и содержались при постоянной температуре 25 °С (± 2 °С).

Через трое суток проводили измерение длины ростков и корешков, для определения энергии прорастания, а всхожесть семян определялась на 5 сутки. Для измерений каждой пробе случайным образом выбирали по 25 ростков. Полученные данные длины каждого ростка и корешка складывались и делились на их количество (находили среднее арифметическое). Методика также описана в [8]. Достоверность полученных результатов проверялась с помощью оценки существенности разности выборочных средних по t -критерию для надежности 95%. Результат считается достоверным, если $t_{\text{прак}} > t_{\text{теор}}$ [9].

Методика исследования коэффициента пропускания на ИК-спектрофотометре ИКС-40 заключалась в помещении исследуемого образца воды в стандартную кювету и измерении спектра пропускания образца. Погрешность измерений данного прибора составляет $\pm 0,1\%$.

Результаты и их обсуждение. Для подсолнечника сорта Бузулук нами был получен график (рис. 1) изменения емкостной составляющей полного сопротивления экстракционного раствора в зависимости от частоты электромагнитного поля с фиксированной напряженностью поля $H = 0,5$ А/м.

Таким образом, как следует из результатов, представленных на рис. 1, воздействие на биологический объект электромагнитным полем с частотой 16, 19, 22, 32 Гц может приводить к скорейшему выходу семян из состояния покоя по сравнению с контролем. Действие же ЭМП с частотой 12, 17, 21, 25, 35 Гц не вызовет существенных изменений всхожести и энергии прорастания семян, воздействие ЭМП с частотой 15, 20, 28, 31 Гц приведет к существенному угнетению биологического объекта.

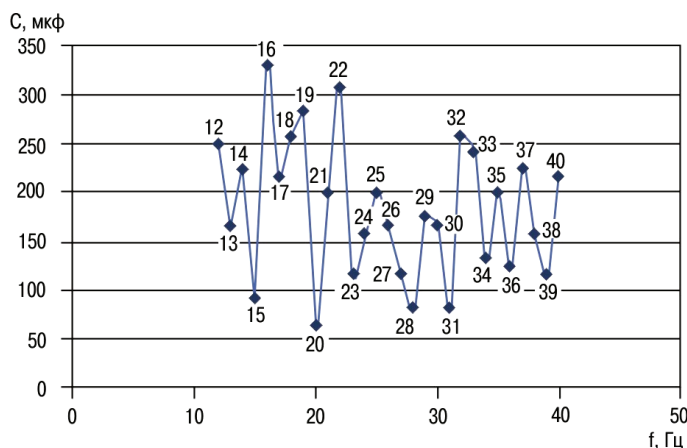


Рис. 1. Результаты исследования изменения емкостной составляющей полного сопротивления экстракционного раствора в зависимости от частоты электромагнитного поля с фиксированной напряженностью $H = 0,5$ А/м

Нами проводилось несколько повторных лабораторных опытов, по воздействию магнитообработанной воды с частотами 16 Гц и 17 Гц на семена подсолнечника сорта Бузулук, определялись энергия прорастания и всхожесть семян. В таблице 1 представлены данные статистической обработки для энергии прорастания семян.

Как видно из таблицы 1, первый опыт, соответствующий частоте 16 Гц обработки воды электромагнитным полем, имеет достоверные отличия длины ростка и корешка от контроля. А второй опыт, соответствующий частоте 17 Гц обработки воды электромагнитным полем, не имеет достоверных отличий.

Таблица 1

Оценка существенности разности выборочных средних значений

Средние значения	1		2		3
	16 Гц		17 Гц		Теоретическое значение t -критерия
	Росток	Корешок	Росток	Корешок	
Значение t -критерия	3,57	5,36	0,64	0,68	1,98

В таблице 2 представлены средние длины ростков и корешков для двух повторностей, а также данные всхожести семян.

Таблица 2

Средние значения длины ростка и корешка проросших семян

Показатели	1		2		3	
	16 Гц		17 Гц		Контроль	
	Росток	Корешок	Росток	Корешок	Росток	Корешок
Средняя длина	18	68	15	43	14	42
% от контроля	23	39	7	3		
Всхожесть, %	93		72		64	

Как видно из табл. 2, в первом опыте вода, обработанная электромагнитным полем крайне низкой частоты, оказывает значительное влияние на выбранный нами для исследования биологический объект. Во всех проведенных экспериментах корневая система первого опыта сильно отличалась от контроля, имелось

большое количество хорошо развитых вторичных корешков, способствующих лучшему питанию растения. Таким образом, дистиллированная вода способна сохранять и передавать оказанное на нее воздействие электромагнитным полем.

Нами был проведен поиск параметров, изменяющихся при обработке дистиллированной воды ЭМП. Для этого проводилось измерение коэффициента пропускания магнитообработанной воды в ИК спектре в диапазоне $4200,0—1250,0\text{ см}^{-1}$ (рис. 2).

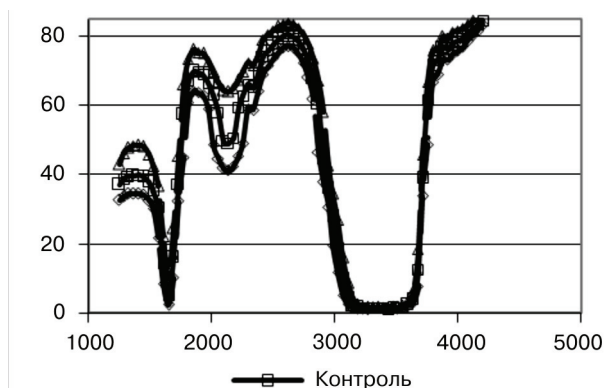


Рис. 2. Коэффициент пропускания воды в ИК спектре

Как видно из рис. 2, для характеристики свойств магнитообработанной воды возможно использование диапазона $2250—2000\text{ см}^{-1}$, в котором нижний график соответствует изменению коэффициента пропускания воды, обработанной ЭМП на частоте 16 Гц, средний график соответствует контролю (дистиллированной воде), верхний график — соответствует изменению коэффициента пропускания воды, обработанной ЭМП на частоте 17 Гц. Т.е. вода, обработанная ЭМП и обладающая коэффициентом пропускания в диапазоне $2250—2000\text{ см}^{-1}$ меньшим контроля, будет приводить к стимулирующему биологическому эффекту. Если же коэффициент пропускания больше или равен контролю, стабильного биологического эффекта наблюдать не удастся. Мы предполагаем, что изменение коэффициента пропускания в зависимости от частоты обработки воды ЭМП происходит нелинейно. При совпадении некоторых параметров возможна корреляция с данными, полученными при помощи методики исследования изменения емкостной составляющей полного сопротивления экстракционного раствора в зависимости от частоты электромагнитного поля. Проведенные опыты на ИК-спектрофотометре (вместе с методикой определения резонансных частот) создают предпосылки к возможности прогнозирования отклика биологической системы на воздействие низкочастотным электромагнитным полем.

Из проведенных экспериментов ясно видно, что воздействие ЭМП на воду с определенными, «резонансными» частотами и с последующей обработкой семян подсолнечника в период прорастания этой водой приводит к значительному магнитобиологическому эффекту. Вероятно, что под действием магнитообработанной воды происходит ускорение выхода семян из состояния покоя и резкая стимуляция переходов белков из связанного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // Биофизика. — 1996. — Т. 41. — Вып. 1. — С. 224—231.
- [2] Новиков В.В. Иницирующее действие слабых магнитных полей на образование межмолекулярных связей в водных растворах аминокислот // Биофизика. — 1994. — Т. 39. — Вып. 5. — С. 825—830.
- [3] Калинин Л.Г. и др. Влияние низкочастотного и высокочастотного электромагнитного поля на семена // Биофизика. — 2005. — Т. 50. — Вып. 2. — С. 361—366.
- [4] Зубарева Г.М., Каргаполов А.В., Ягузинский Л.С. Влияние сверхмалых количеств пероксида водорода на водную основу растворов // Биофизика. — 2003. — Т. 48. — Вып. 4. — С. 581—584.
- [5] Акопян С.Н., Айропетян С.Н. Исследование удельной электропроводности воды при воздействии постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и низкочастотных механических колебаний // Биофизика. — 2005. — Т. 50. — Вып. 2. — С. 265—270.
- [6] Сусак И.П., Пономарев О.А., Шигаев А.С. О первичных механизмах воздействия электромагнитных полей на биологические объекты // Биофизика. 2005. — Т. 50. — Вып. 2. — С. 367—370.
- [7] Барышев М.Г. Влияние электромагнитного поля на биологические системы растительного происхождения. — Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2002.
- [8] Антидоты для защиты подсолнечника от фитотоксического действия 2,4 Д / В.Д. Стрелков, Л.И. Исакова, Е.П. Угрюмов и др. // Агрохимия. — 1997. — № 2. — С. 68—70.
- [9] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985.

THE RESEARCH OF MAGNETIC WATER INFLUENCE ON BIOLOGICAL OBJECTS

M.G. Barishev, S.S. Dzhimak, A.M. Kadamsha

Physics and engineering department, Kuban state university
Stavropolskaya str., 149, Krasnodar, Russia, 350040

On the basis of research method of full resistance capacitance component of extract solution change under the influence of magnetic field, resonant frequencies of sunflower Buzuluk seeds are found. In the article the results of laboratory experiments, on the research of magnetic water influence on the change of germination energy and germination power of sunflower seeds, are presented. The change of magnetic water transmission factor in infra-red spectrum is investigated depending on magnetic field frequency which influences the water.

РАДИОЭКОЛОГИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСВОБОЖДЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ ИЗ ОБЪЕКТА ИЗОЛЯЦИИ

В.П. Каменев, П.В. Амосов

КНЦ РАН

ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Россия, 184209

В.Н. Баринов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН

Б. Тульская, 52, Москва, Россия, 113191

М.А. Кожин, И.А. Осипьянц

ОАО «НИПТБ «Онега»

ул. Лебедева, 1, Северодвинск, Россия, 692809

Рогов В.А.

Инженерный факультет

Российский университет дружбы народов

Подольское ш., 8/5, Москва, Россия, 113093

В статье описываются концептуальная и математическая модели процесса высвобождения радиоактивности при захоронении реакторных блоков атомных подводных лодок с отработавшим ядерным топливом в целях подтверждения их длительного и безопасного хранения в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

В целях обеспечения современных требований экологической безопасности в области обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) Горным институтом Кольского научного центра Российской академии наук предложена концепция, основанная на создании и использовании в Северо-Западном регионе подземного хранилища, предназначенного для долговременного (до 100 лет) безопасного хранения проблемных видов топлива, в том числе реакторных отсеков атомных подводных лодок с жидко-металлическим теплоносителем в реакторе.

Они содержат значительное количество долгоживущих радиотоксичных материалов. Размещение таких отсеков в подземных сооружениях позволит обеспечить высокий уровень их защищенности от воздействий природного и техноген-

ного характера. Подобное размещение позволит также обеспечить и защиту окружающей среды, и населения при различных, даже маловероятных, аварийных ситуациях.

По результатам оценки пригодности геологических формаций Кольского полуострова предложена потенциальная площадка размещения обсуждаемого объекта — Дальние Зеленцы, которая расположена в центральной части Мурманского структурного мегаблока Балтийского щита в 130 км от Мурманска.

Скальный массив на площадке сложен в основном плагио-микроклиновыми биотитовыми мигматит-гранитами, в основном средне- и крупнозернистыми, порфировидными однородными, слабогнейсовидными. При этом многократность гранитизации увеличила монолитность и прочность пород. На глубине (от 150 до 400 м в пределах площадки) контактируют с нижезалегающими, несколько более плотными ($\rho = 2780 \text{ кг/м}^3$) гнейсовидными мигматитами.

Минеральный состав гранитов: кварц — 20—25%, плагиоклаз — 15—50%, микроклин — 10—50%, биотит — 3—10%, роговая обманка — до 5%; вторичные: эпидот, хлорит, кальцит, лейкоксен; акцессорные: циркон, ортит, апатит, сфен, титаномагнетит.

Характеристика систем трещин в пределах площадки по геофизическим данным приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика систем трещин на площадке

Система	Простирание, град.	Среднее расстояние между трещинами, м	Длина трещин, м
I	338—360	150—700	400
II	75—110	одиночные	200—700
III	30—50	150—700	150—900
IV	10—25	одиночные	300—1 500
V	110—140	одиночные	300—1 500

Коэффициент удельной трещиноватости — 1—4 м/м². С глубиной количество трещин уменьшается.

Прочность, замеренная в образцах пород, характеризуется следующими данными:

- граниты на сжатие — 148 МПа, на растяжение — 83 МПа;
- мигматиты на сжатие — 156 МПа, на растяжение — 90 МПа;
- коэффициент фильтрации — до 150 м — $n \times 10^{-3}$ — $n \times 10^{-2}$ м/сут.;
- на глубине 150—160 м — $n \times 10^{-4}$ м/сут.;
- коэффициент водопоглощения — 0,25—0,1%.

Топография площадки характеризуется как сильно расчлененное прибрежное плато с абсолютными отметками поверхности 80—120 м, с линейно вытянутыми понижениями с абсолютными отметками 40—50 м.

Климат умеренно континентальный. Среднемесячная температура зимнего периода минус 3—7 °С, летнего — плюс 7—10 °С. Первые заморозки начинаются в сентябре, снег выпадает в конце сентября — начале октября. Устойчивый

снежный покров держится с ноября по май — июнь. Промерзание грунта не более 1,3 м. Сумма осадков в год варьирует от 300 до 400 мм.

Глубина установившегося уровня подземных вод, вскрытых по 9-ти скважинам, составляет 10,31—33,65 м.

Предполагаемая глубина размещения объекта составляет около 100 м. Для размещения блоков и упаковки отходов предлагается использовать отдельные тупиковые камерообразные горизонтальные выработки. Ширина и высота выработки соотносятся примерно как 1 : 1, что обеспечивает максимальную устойчивость подземных инженерных сооружений. Один из вариантов размещения объектов (в плане) представлен на рис. 1.

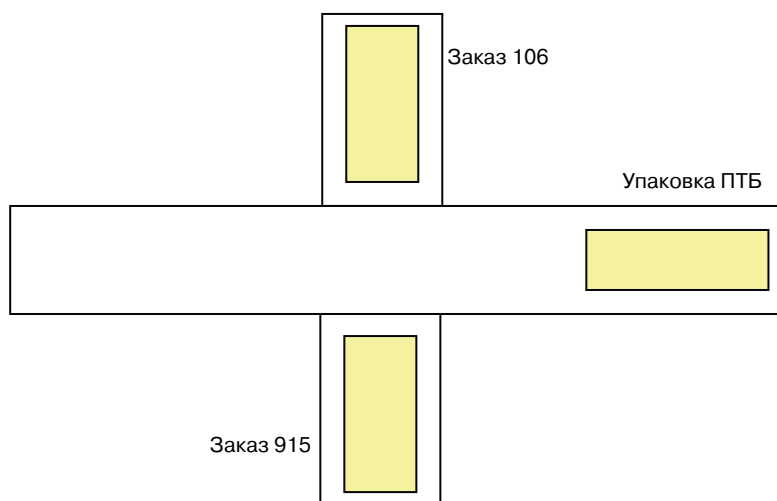


Рис. 1. План размещения блоков и упаковки в тупиковых камерообразных горизонтальных выработках

Заполнителем свободного пространства в выработках может быть, например, либо бетонная смесь, либо смесь бентонита и крошеной породы от горнопроходческих работ.

В рамках данной статьи рассматривается только сценарий нормальной эволюции объекта. В этом случае основным механизмом миграции высвобождаемой радиоактивности в ближнем поле объекта является диффузия по обводненному поровому пространству. Процесс высвобождения в обводненное поровое пространство (восстановление природного гидрогеологического режима происходит в течение несколько столетий) начинаем рассматривать через 1000 лет: предполагаем, что к этому времени произошло разрушение защитных барьеров блоков и упаковки в результате коррозии. Из полного списка продуктов деления основной интерес на указанное время будут представлять исключительно долгоживущие радионуклиды (способ распада — β^-). В качестве примера в таблице 2 приведены уровни активности долгоживущих продуктов деления в тепловыделяющем элементе реакторов с ЖМТ при максимальной глубине выгорания через 20 лет после остановки реактора.

Таблица 2

Радиоактивность изучаемых продуктов деления в тепловыделяющем элементе реакторов с ЖМТ при максимальной глубине выгорания через 20 лет после остановки реактора

Нуклид	Период полураспада, лет	Радиоактивность, Бк	
		заказ 106	заказ 915
⁷⁹ Se	1,10E+06	3,27E+05	2,71E+05
⁹³ Zr	1,53E+06	2,05E+07	1,69E+07
⁹⁹ Tc	2,13E+05	1,56E+08	1,29E+08
¹⁰⁷ Pd	6,50E+06	1,98E+05	1,64E+05
¹²⁶ Sn	1,00E+05	5,30E+06	4,38E+06
¹²⁹ I	1,57E+07	4,13E+05	3,41E+05
¹³⁵ Cs	2,30E+06	1,53E+07	1,26E+07

Программный код PORFLOW предназначен для моделирования течения многофазных потоков, процессов тепло- и массопереноса в пористых и трещиноватых средах с различной степенью насыщения.

Расчеты выполняются в декартовой системе координат, поэтому блоки и упаковка из цилиндров преобразованы в прямоугольные параллелепипеды. Для ускорения расчетов предложено ограничиться плоской задачей: в этом случае активность A будет задаваться на единицу длины источника — $A_L = A/L$, где L — длина блока. В силу очевидной симметрии есть возможность моделировать только половину общей площади сечения блока (см. рис. 2).

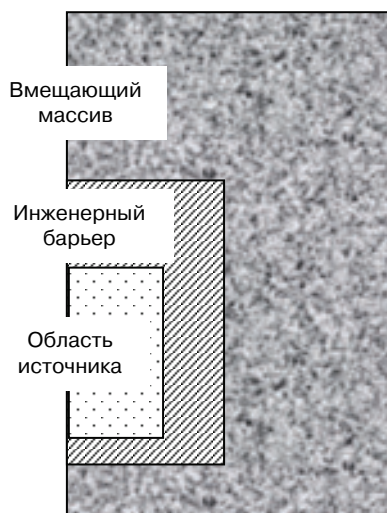


Рис. 2. Схематичное изображение моделируемой области в плоской постановке

Для выполнения численных экспериментов под параметры заказа 915 расчетная область модели размером $14,5 \times 30$ м была покрыта неравномерной сеткой. Размеры указанных выше областей модели приведены на рис. 3.

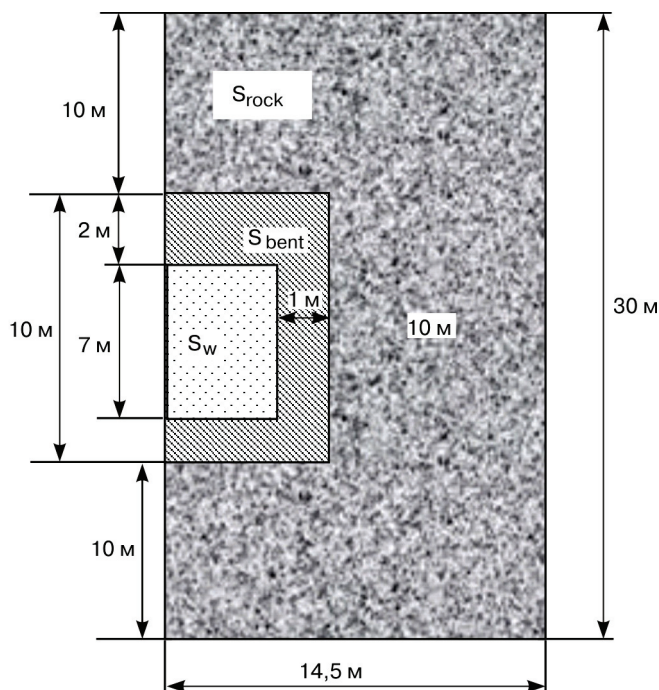


Рис. 3. Схематическое изображение моделируемой области с указанием размеров (заказ 915)

Основное уравнение, описывающее перенос радионуклидов (без цепочек распада) в водонасыщенной пористой среде с учетом диффузионного механизма переноса и физико-химических процессов, влияющих на этот перенос, в соответствии с описанием программного кода PORFLOW, используемого в данном сценарии эволюции, имеет в общем случае вид

$$R_k \frac{\partial C_k}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{pk} \frac{\partial C_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{pk} \frac{\partial C_k}{\partial y} \right) - R_k \lambda_k C_k + S_{C_k},$$

где C_k — концентрация k -го изотопа [Бк/м³];

D_{pk} — коэффициент диффузии k -го изотопа по обводненному поровому пространству [м²/с], причем $D_{pk} = D_{wk} \cdot G_f$;

D_{wk} — коэффициент диффузии k -го иона в свободной воде [м²/с]. Значение этого параметра предлагается принять равным 10^{-9} [м²/с];

G_f — геометрический фактор, определяемый посредством выражения $G_f = \delta / \tau^2$ [—], δ и τ — сжимаемость [—] и извилистость пор [—], соответственно;

R_k — фактор задержки k -го изотопа [—]. Фактор задержки вычисляется через выражение $R_k = 1 + \rho_b K_{dk} / \varepsilon$, где ρ_b и ε — насыпная плотность [кг/м³] и пористость [—] сухого материала, K_{dk} — коэффициент распределения k -го радионуклида в приближении линейной сорбции [м³/кг];

λ_k — постоянная распада k -го радионуклида [с⁻¹];

S_{C_k} — источниковый член для k -го изотопа [Бк/(м³·с)].

Отношение D_{pk} / R_k дает так называемый наблюдаемый коэффициент диффузии D_{ak} для k -го изотопа $[m^2/c]$.

Граничные условия для концентрации растворенной примеси, соответствующие сценарию нормальной эволюции хранилища, выбранной геометрии и традиционному выбору направления осей x и y , следующие: $\frac{\partial C_k}{\partial x} \Big|_{x-} = 0$, $C_k \Big|_{x+} = 0$,

$C_k \Big|_{y-} = 0$ и $C_k \Big|_{y+} = 0$, где обозначения $x-$ и $x+$ соответствуют левой и правой границам области вдоль оси x , а $y-$ и $y+$ — нижней и верхней границам вдоль оси y . Использование нулевых граничных условий на внешней границе модели соответствует наличию трещин во вмещающем массиве, что способствует относительно быстрому удалению радионуклидов из ближнего поля.

Рекомендуемые миграционные характеристики радионуклидов (коэффициенты распределения в областях заполнителя и вмещающей породы и пределы растворимости) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Миграционные характеристики анализируемых радионуклидов в области заполнителя и вмещающей породе

Радионуклиды	Коэффициент распределения K_d , $[m^3/kg]$		Предел растворимости C_s , $[Bk/m^3]$
	смесь бентонита и крошеной породы	вмещающая порода	
^{79}Se	0,001	0,001	$3,11 \cdot 10^4$
^{93}Zr	1,000	1,000	$2,16 \cdot 10^4$
^{99}Tc	0,900	1,000	$4,76 \cdot 10^5$
^{107}Pd	0,010	0,010	$8,56 \cdot 10^3$
^{126}Sn	0,500	0,001	$5,93 \cdot 10^5$
^{129}I	0,000	0,000	высокая
^{135}Cs	0,050	0,050	высокая

Необходимые для выполнения численных экспериментов параметры областей модели приведены ниже.

Области модели	Плотность, $[kg/m^3]$	Пористость, $[\%]$
Вмещающая порода	$2 \cdot 700$	0,5
Заполнитель	$2 \cdot 714$	30
Зона отходов (экспертно)	$2 \cdot 200$	1—5

Расчеты показывают, что при увеличенной пористости области источника в пять раз некоторые радионуклиды потребуют при численных экспериментах изменения модели растворения, что сказывается на подготовке исходных данных. Результаты такого анализа в терминах используемой модели растворения сведены в табл. 4.

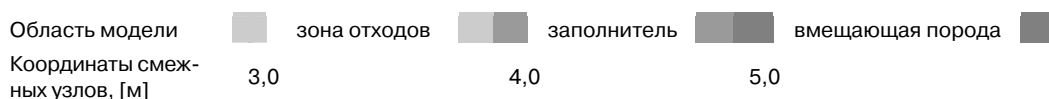
Таблица 4

Модель растворения при вариации пористости области источника

Радионуклиды	Пористость области источника, [%]	
	5	1
⁷⁹ Se	Мгновенное растворение	Предел растворимости
⁹³ Zr	Предел растворимости	Предел растворимости
⁹⁹ Tc	Предел растворимости	Предел растворимости
¹⁰⁷ Pd	Мгновенное растворение	Предел растворимости
¹²⁶ Sn	Мгновенное растворение	Предел растворимости
¹²⁹ I	Мгновенное растворение	Мгновенное растворение
¹³⁵ Cs	Мгновенное растворение	Мгновенное растворение

Временной диапазон исследований миграции радионуклидов был принят равным 50 тысяч лет, тогда как часто в оценках воздействия на окружающую среду ограничиваются сроком 10 тысяч лет. Основание выбора такого временного периода для условий принятой математической модели следующее: предварительные численные эксперименты показали, что на время 10 тысяч лет для большинства рассматриваемых радионуклидов все еще наблюдается рост концентрации растворенной активности вблизи границы раздела «заполнитель — вмещающая порода» (указанный момент будет продемонстрирован позже).

Анализ пространственного распределения концентрации анализируемых радионуклидов был проведен по такой схеме: рассматривались значения концентрации радионуклидов в смежных узлах модели в последовательности 1) зона отходов — 2) заполнитель — 3) вмещающая порода. Визуально это соответствует следующему расположению узлов расчетной сетки (рис. 4).

**Рис. 4.** Координаты смежных узлов расчетной сетки в областях модели вдоль оси X

Представленная информация в табл. 5 и 6 позволяет выполнить в линейном приближении несложные расчеты параметра, показывающего, во сколько раз используемый нами барьер уменьшает уровень концентрации, т.е. коэффициент ослабления указанного барьера для k -го радионуклида — $f = C_{in} / C_{out}$, где C_{in} и C_{out} — значения концентрации радионуклида на границе раздела областей «зона отходов — заполнитель» и «заполнитель — вмещающая порода» соответственно. В табл. 7 приведены значения коэффициента ослабления по каждому из радионуклидов для двух проанализированных значений пористости зоны отходов.

Таблица 5

**Расчетные значения концентрации радионуклидов
в смежных узлах расчетной сетки модели для пористости 5%, [Бк/м³]**

Изотоп	Зона отходов	Заполнитель	Порода	Модель растворимости
⁷⁹ Se	$9,90 \cdot 10^1$	$9,68 \cdot 10^1$	$6,18 \cdot 10^1$	Мгновенное растворение
⁹³ Zr	$2,11 \cdot 10^4$	$1,27 \cdot 10^1$	$3,78 \cdot 10^{-3}$	Предел растворимости
⁹⁹ Tc	$4,05 \cdot 10^5$	$2,43 \cdot 10^2$	$7,24 \cdot 10^{-2}$	Предел растворимости
¹⁰⁷ Pd	$1,53 \cdot 10^1$	$1,44 \cdot 10^1$	$1,24 \cdot 10^0$	Мгновенное растворение
¹²⁶ Sn	$2,12 \cdot 10^2$	$8,52 \cdot 10^1$	$2,61 \cdot 10^1$	Мгновенное растворение
¹²⁹ I	$8,53 \cdot 10^2$	$8,49 \cdot 10^2$	$7,60 \cdot 10^2$	Мгновенное растворение
¹³⁵ Cs	$2,69 \cdot 10^2$	$1,49 \cdot 10^2$	$2,00 \cdot 10^0$	Мгновенное растворение

Таблица 6

**Расчетные значения концентрации радионуклидов
в смежных узлах расчетной сетки модели для пористости 1%, [Бк/м³]**

Изотоп	Зона отходов	Заполнитель	Порода	Модель растворимости
⁷⁹ Se	$7,36 \cdot 10^3$	$6,87 \cdot 10^3$	$4,15 \cdot 10^3$	Предел растворимости
⁹³ Zr	$2,11 \cdot 10^4$	$1,27 \cdot 10^1$	$3,78 \cdot 10^{-3}$	Предел растворимости
⁹⁹ Tc	$4,02 \cdot 10^5$	$2,43 \cdot 10^2$	$7,24 \cdot 10^{-2}$	Предел растворимости
¹⁰⁷ Pd	$7,31 \cdot 10^3$	$6,68 \cdot 10^2$	$2,50 \cdot 10^0$	Предел растворимости
¹²⁶ Sn	$3,93 \cdot 10^5$	$1,94 \cdot 10^4$	$7,68 \cdot 10^3$	Предел растворимости
¹²⁹ I	$8,83 \cdot 10^2$	$8,80 \cdot 10^2$	$7,89 \cdot 10^2$	Мгновенное растворение
¹³⁵ Cs	$2,59 \cdot 10^2$	$1,34 \cdot 10^2$	$1,79 \cdot 10^0$	Мгновенное растворение

Таблица 7

Коэффициент ослабления при вариации пористости области источника

Радионуклиды	Пористость области источника, [%]	
	5	1
⁷⁹ Se	1,24	1,29
⁹³ Zr	$1,66 \cdot 10^3$	$1,66 \cdot 10^3$
⁹⁹ Tc	$1,65 \cdot 10^3$	$1,65 \cdot 10^3$
¹⁰⁷ Pd	1,90	11,51
¹²⁶ Sn	2,67	15,23
¹²⁹ I	1,06	1,06
¹³⁵ Cs	2,77	2,89

Данные табл. 7 свидетельствуют, что изменение модели растворения наиболее существенно влияет на величину коэффициента ослабления, что хорошо видно на примере радионуклидов ¹⁰⁷Pd и ¹²⁶Sn. При сохранении модели растворения вариация пористости от 1% до 5% вызывает незначительное изменение в значении коэффициента ослабления. Самым существенным барьером выбранный материал заполнителя является для радионуклидов ⁹³Zr и ⁹⁹Tc. В то же время для таких изотопов, как ⁷⁹Se и ¹²⁹I, этот заполнитель преградой практически не выступает.

Зависимость концентрации радионуклидов от времени выполнена для расчетного узла рис. 6 с координатой 5 м (вмещающая порода). Для удобства после-

дующего анализа значения концентрации переведены из $[Бк/м^3]$ в $[Бк/кг]$. На рис. 5 приведена динамика концентрации радионуклидов в указанной точке пространства для пористости области отходов равной 5%.

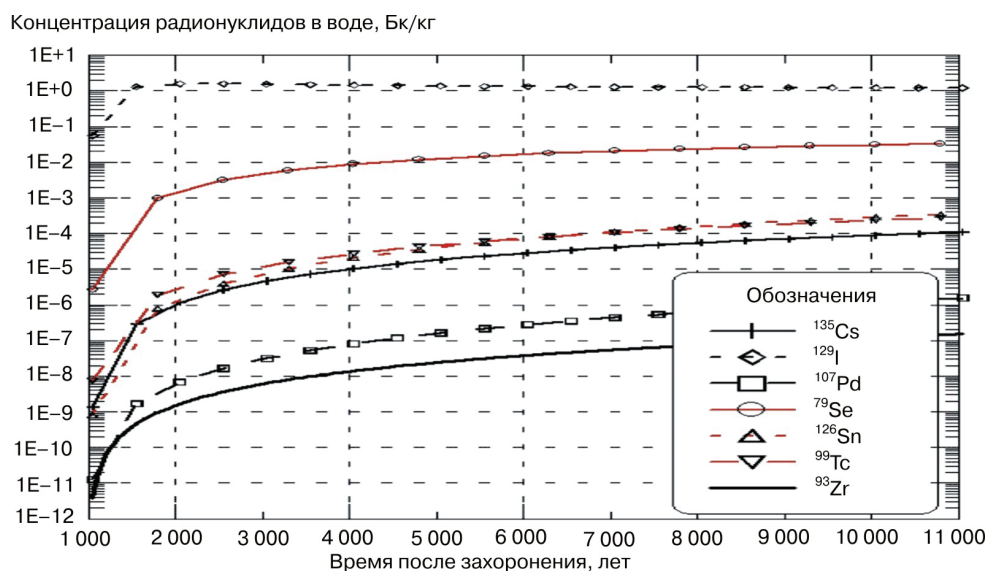


Рис. 5. Динамика концентрации радионуклидов в воде порового пространства породы вблизи границы раздела «заполнитель — порода» (пористость источника 5%).

На этом рисунке хорошо видно, что время моделирования, равное 10 тысячам лет, явно недостаточно для 6 радионуклидов из 7, чтобы зафиксировать их максимальные значения. Лишь для изотопа ^{129}I наблюдается процесс, когда достаточно быстро достигается максимум значения концентрации (в районе 2000 лет после захоронения) и потом прогнозируется медленный спад. Для остальных радионуклидов производная обсуждаемых кривых на всем протяжении моделирования имеет положительный знак.

Следует отметить, что уровень прогнозируемых концентраций для всех рассмотренных радионуклидов, кроме изотопа ^{129}I , существенно ниже УВ. Лишь для изотопа ^{129}I при максимальных значениях прогнозируемый уровень концентрации незначительно превышает величину УВ для этого изотопа.

Таким образом, выполненный анализ динамики концентрации радионуклидов в воде порового пространства на выходе во вмещающий массив свидетельствует (в рамках принятого сценария) о полной безопасности подобного захоронения. Уровень концентрации подземных вод даже вблизи объекта захоронения таков, что он не представляет серьезной угрозы для загрязнения окружающей среды.

Третьим проанализированным параметром является скорость высвобождения радиоактивности. Для этого для обоих значений пористости области источника были построены зависимости скорости высвобождения активности с поверхности зоны отходов для трех радионуклидов — ^{79}Se , ^{99}Tc и ^{129}I). Идея

сравнения скоростей высвобождения именно этих радионуклидов заключалась в следующем:

- для первого радионуклида имеет место изменение модели растворения;
- для второго изотопа модель растворения не изменялась и в обоих случаях применялась модель предела растворимости;
- для третьего радионуклида также не изменялась модель растворения, но в этом случае использовалась модель мгновенного растворения.

Сравнение построенных кривых для значений пористостей области источника показывает, что наибольшее изменение в поведении кривых наблюдается в ситуации изменения модели растворения, т.е. для радионуклида ^{79}Se . При этом для минимальной пористости величина скорости высвобождения активности заметно выше, чем при максимальном значении пористости области источника.

В случае использования одной и той же модели растворения изменения в поведении скорости высвобождения не столь значительны. Однако при этом для модели предела растворимости (изотоп ^{99}Tc) скорость высвобождения активности ниже именно при минимальной пористости области источника. В то же время для модели мгновенного растворения (^{129}I) наблюдается изменение в преимуществе кривых скорости высвобождения в зависимости от пористости области источника: на первом этапе доминирует скорость высвобождения при максимальной пористости, а далее на первый план выходит кривая скорости высвобождения при минимальной пористости.

Все приведенные на рис. 6—8 кривые являются монотонно убывающими, а значит, не наблюдается факт истощения источника. Более детальный анализ (вывод на контроль скорости высвобождения при малых временах) показал, что в случае использования модели предела растворимости момент истощения наступает уже в течение 1—2 лет после начала расчета, т.е. достаточно быстро.

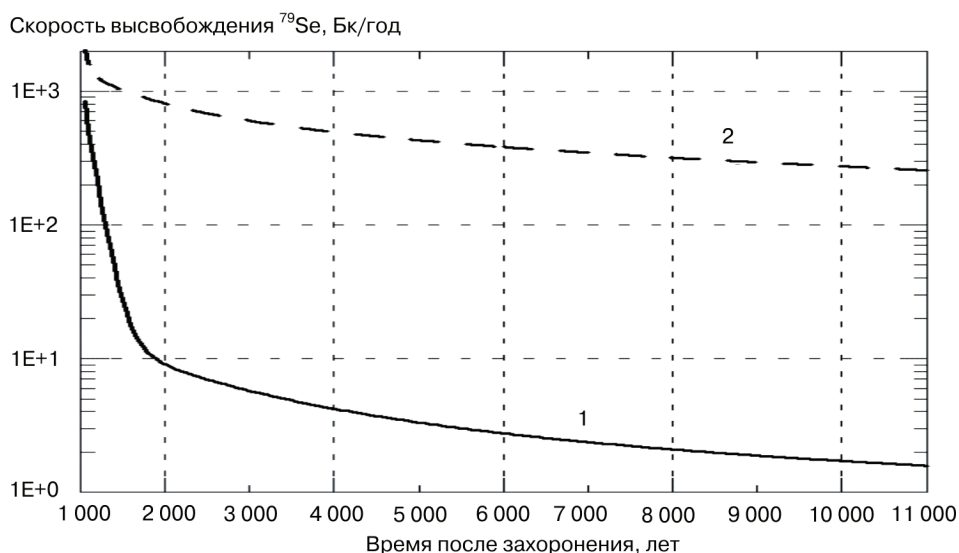


Рис. 6. Динамика скорости высвобождения активности ^{79}Se
(1 — пористость источника 5% и 2 — пористость источника 1%)

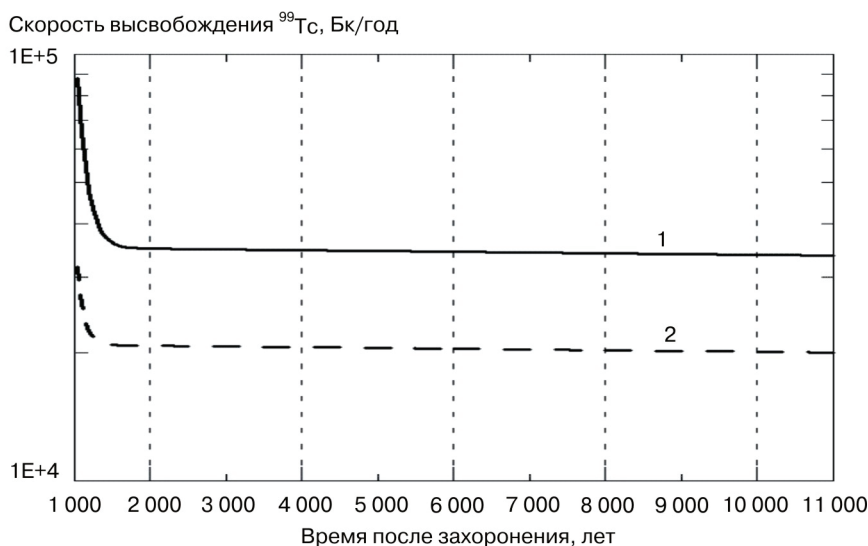


Рис. 7. Динамика скорости высвобождения активности ^{99}Tc
(1 — пористость источника 5% и 2 — пористость источника 1%)

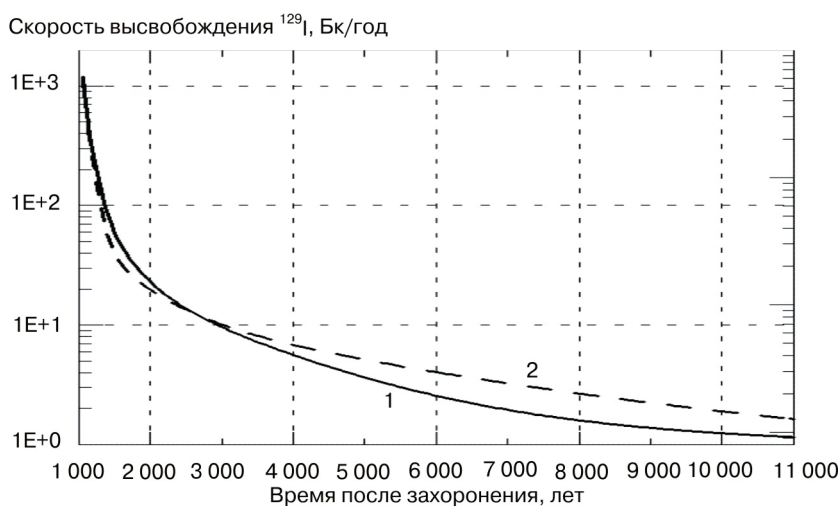


Рис. 8. Динамика скорости высвобождения активности ^{129}I
(1 — пористость источника 5% и 2 — пористость источника 1%).

Выводы

На примере объекта захоронения аварийного блока (заказ 915) рассмотрены последствия высвобождения радиоактивности в подземные воды вмещающего массива. Для этого разработаны концептуальная и математическая модели объекта, позволившие в рамках сценария нормальной эволюции исследовать диффузионную миграцию долгоживущих продуктов деления через инженерные барьеры и вмещающую породу.

Продемонстрированы особенности миграции радионуклидов в зависимости от выбора модели растворения в области источника, что, в свою очередь,

связано с неопределенностью выбора такого параметра области источника, как пористость.

На основе пространственного распределения концентрации радионуклидов в рассматриваемых материалах на момент времени 50 тысяч лет определены коэффициенты ослабления однометровым слоем заполнителя для рассматриваемых радионуклидов. Максимальные коэффициенты ослабления характерны для радионуклидов ^{93}Zr и ^{99}Tc . Показано влияние на величину коэффициента ослабления использования различных моделей растворения — мгновенное растворение и предел растворимости.

Построены кривые динамики концентрации радионуклидов на входе во вмещающий массив, анализ поведения которых позволяет достаточно объективно говорить, что в рамках рассмотренного сценария эволюции загрязнение подземных вод массива продуктами деления не вызывает тревоги (существенно ниже УВ).

Представлены зависимости скорости высвобождения отдельных радионуклидов из области зоны отходов от времени, а также от вида используемой модели растворения. При выбранных уровнях активности продуктов деления в объекте захоронения имеет место очень быстрое истощение источника (за 1—2 года).

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESS OF LIBERATION OF A RADIO-ACTIVITY FROM OBJECT OF ISOLATION

V.P. Kamenev, P.V. Amosov

KNC RAS

Apatity, str., 14, Fersmana, Russia, 184209

V.N. Barinov

Institute of problems of safe development of atomic engineering of the RAS

B. Tulsкая, 52, Moscow, Russia, 113191

M.A. Kojin, I.A. Osipianc

ОАО «НИПТБ «Онега»

Lebedeva str., 1, Severodvinsk, Russia, 692809

V.A. Rogov

PFUR

People's friendship university of Russia

Podolskoe str., 8/5, Moscow, Russia, 113093

In article conceptual and mathematical models of process of liberation of a radio-activity are described at a burial place peakторных blocks of nuclear submarines with the fulfilled nuclear fuel with a view of acknowledgement of their long and safe storage according to requirements of operating standard documents.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 ПО ТЕРРИТОРИИ

Е.В. Байдакова

Брянская государственная сельскохозяйственная академия
ул. Советская, 2а, с. Кокино, Брянская обл., Россия, 243365

Выполнены полевые исследования распределения цезия по форме, профилю, почвам и другим условиям формирования стока по водосборным площадям. Построены математические модели изменения концентрации радионуклидов по длине водосбора на неосушенных и осушенных землях. Выявлена высокая эффективность мероприятий, ускоряющих сток.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС почвы центральной европейской части России с плотностью загрязнения более 1 Ки/км^2 занимают 6 млн га. Такие земли нельзя использовать в сельском хозяйстве без специальных мероприятий. Нами исследовались вопросы применения мероприятий, ускоряющих сток воды.

Полевые наблюдения за уровнем радиации проводились нами в Красногорском, Новозыбковском и Злынковском районах Брянской области на легких дерново-подзолистых почвах. Для изучения радиационного фона водосборов и удельной активности проб грунта были организованы 5 полигонов. Измерения γ -фона выполнены на склонах по линии тока воды (перпендикулярно горизонталям) через 10—20 м.

Для проведения экспериментальных исследований по радиационному фону водосборов были организованы 5 полигонов.

Образцы почвы отбирались пробоотборником до глубины 10 см. Содержание радионуклидов цезия-137 определяли сцинтилляционным методом, прибор РУБ-01П6 с блоком детектирования БДКГ-ОЗП. Уровни гамма-радиации определяли с помощью прибора СРП-68-01.

На полигонах Новозыбковского и Злынковского районов, наиболее загрязненных после аварии, все еще наблюдается высокий радиационный фон: в 2005 г. — 100—200 мкР/ч. Кривые изменения концентрации повторяют по форме депрессионные кривые воды, отмечено резкое снижение концентраций на линзах торфа с 135 до 74 мкР/ч. Концентрация радионуклидов снижается от середины межканального пространства к каналам от 100 до 150 мкР/ч (max 155 мкР/ч) и от 55 до 80 мкР/ч (min 44 мкР/ч). Такое снижение наблюдается на одиночных каналах и в каждом из параллельных каналов. Если приканальная дамба затрудняет сток поверхностных вод, то перед каналом наблюдается повышенная радиация. В приканальных воронках, служащих для отвода воды от дамб, концентрация радионуклидов резко снижается до 60 мкР/ч.

Концентрация радионуклидов на участках, дренированных закрытым дренажем, снижается существенно меньше, чем под влиянием открытых каналов, что

свидетельствует о преобладающем вымыве радионуклидов поверхностным стоком. Это согласуется с многочисленными исследованиями радионуклидов по профилю почвы, утверждающими, что до 90% их сосредоточены в десятисантиметровом слое почвы.

Радионуклиды перемещаются в почве либо вместе с частицами-носителями, либо в растворенном виде в результате смыва с поверхности частиц почвы.

Перенос радионуклидов осуществляется силой P , пропорциональной разности концентраций радионуклидов на водоразделе и в рассматриваемом сечении, т.е. $P = \alpha Z$, с градиентом $\alpha Z / L$ (рис. 1).

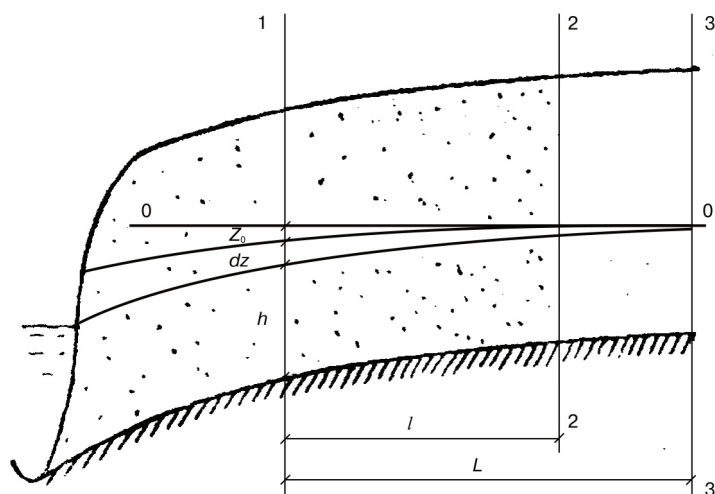


Рис. 1. Схематизация перемещения радионуклидов вместе с водой по упору:

h — характеризует концентрацию радионуклидов в почве или снеге;
 Z — снятая концентрация радионуклидов потоком воды

Активное живое сечение потока нуклидов F принимаем пропорциональным « h » — концентрации нуклидов в почве, т.е. $F = \beta h b$, где b — ширина потока. Нуклиды занимают (далеко не все) капилляры и поры почвы: имеются закрытые, тупиковые поры и капилляры, куда не проникает вода; поры с нерастворившимися радионуклидами; капилляры, куда не попала вода из-за неполного насыщения почвы водой. В большинстве случаев радионуклиды в почве присутствуют в незначительных концентрациях. Нуклиды перемещаются не по полным сечениям водных потоков, также движется влага в диапазоне продуктивной влаги, заполняя лишь отдельные капилляры.

В общем случае кривая, характеризующая концентрацию радионуклидов по линии тока воды, является слегка изогнутой. Допускается, что ее можно считать прямой линией. Кривые концентрации, соответствующие разным моментам времени, бесконечно приближаются к оси 0-0 как к своей асимптоте. Ось 0-0 характеризует наивысшую концентрацию радионуклидов « N_b ».

С некоторым уровнем достоверности можно принять, что кривые концентрации пересекаются в точке 0, расположенной за границей водосбора.

Запишем уравнение баланса в дифференциальной форме для сечения 1-1, совместив входное сечение 2-2 с водоразделом:

$$\frac{\ell \cdot \varphi \cdot K_c \cdot b \cdot dZ}{dt} = \frac{\beta \cdot h \cdot b \cdot \alpha \cdot Z \cdot K_p}{L}, \quad (1)$$

где K_c — коэффициент содержания радионуклидов в почве,

K_p — коэффициент радионуклидопроводности,

α, β — коэффициенты пропорциональности,

φ — коэффициент, характеризующий форму кривой концентрации в пространстве. Коэффициент φ находится из пропорции $\varphi = \frac{2L-l}{2L}$, так как

$$h = H_B - Z, \text{ то } \frac{dZ}{dt} = \frac{\beta \alpha K_p (H_B - Z) Z}{L \varphi K_c}.$$

Обозначим $\frac{\beta \alpha K_p}{L \varphi K_c} = \mu$, тогда $\frac{dZ}{dt} = \mu (H_B - Z) Z$. (2)

При постоянном коэффициенте содержания радионуклидов изменение слоя снятой концентрации потоком воды « Z » будет равно изменению оставшейся концентрации « h » за тот же промежуток времени, т.е.

$$-\frac{dh}{dt} = \mu (H_B - Z) Z. \quad (3)$$

Таким образом, уравнения (2—3) описывают взаимодействие двух компонентов системы « h » и « Z ».

Заменив временную координату « t » пространственной вдоль линии тока воды « ℓ », получим:

$$\frac{dZ}{d\ell} = \mu (H_B - Z) Z. \quad (4)$$

Интегрируя уравнение (4) при начальных значениях $\ell = 0, Z = Z_0$, получаем:

$$Z = \frac{H_B}{1 + \frac{H_B - Z_0}{Z_0} e^{-\mu H_B \ell}}. \quad (5)$$

Из условия равновесия $\frac{dZ}{d\ell} = 0$ можно найти выражение для равновесной величины снятой концентрации радионуклидов потоком воды Z_∞ . С учетом обратного выпадения из потока воды частиц, содержащих радионуклиды, формула принимает вид:

$$\frac{dZ}{d\ell} = \mu_1 (H_B - Z) Z - \mu_2 Z^2. \quad (6)$$

Решив уравнение, получим:

$$Z = \frac{Z_\infty}{1 + \frac{Z_\infty - Z_0}{Z_0} e^{-\mu_1 H_B \ell}}. \quad (7)$$

Полученные выражения (5), (7), описывающие закон снижения концентрации радионуклидов по уклону склона, дают кинетические кривые, близкие по форме S-образным кривым.

Модель (4) проверена на обширных экспериментальных материалах определения радиоактивного загрязнения водосборов западных районов Брянской области, собранных авторами во время полевых экспедиций, и дала хорошие результаты.

Построенная модель изменения радиоактивного загрязнения в пространстве применима для прогнозирования хода очищения территории от радионуклидов, расчета мероприятий по ускорению поверхностного и грунтового стока.

Чтобы предсказать изменение радиации в любой точке пространства, нужно знать три параметра:

Z_0 — параметр, характеризующий радиацию на верхней границе водосбора относительно оси отсчета 0-0, к которой как к асимптоте стремятся все пространственные кривые радиации для различных моментов времени;

Z_∞ — это параметр, характеризующий радиацию в момент стабилизации процесса относительно той же оси;

$\mu_1 H$ — комплексный параметр, характеризующий максимальную удельную пространственную интенсивность изменения радиации.

Для нахождения параметров Z_0 , Z_∞ , μH необходимо нанести экспериментальные значения радиации через 10—20 м на график с ординатой $\Psi = \frac{Z_{\ell+\Delta\ell} - Z_\ell}{Z_{\ell+\Delta\ell}}$ и с абсциссой Z .

Для нахождения Z_0 , значит, и положения оси отсчета 0-0 нужно задаться сначала значением $Z_0 = 0$ или близким к нулю значением, а затем, постепенно увеличивая его, методом последовательных приближений добиться на графике совершенной линейной зависимости $\Psi = \frac{Z_{\ell+\Delta\ell} - Z_\ell}{Z_{\ell+\Delta\ell}}$ от Z .

После преобразования кривых снижения радиации в прямую линию продолжают эту линию до пересечения с осью абсцисс и осью ординат. На оси ординат получают отрезок, численно равный $\Psi_M = 1 - \ell^{-\mu_1 H \Delta\ell}$, откуда, зная пространственный интервал $\Delta\ell$, находят $\mu_1 H = \frac{-\ell n(1 - \Psi_M)}{\Delta\ell}$.

На оси абсцисс отсекается отрезок Z_∞ (рис. 2).

Выполненные нами многочисленные полевые измерения радиации на осушенных и неосушенных склоновых и пойменных землях убедительно показывают, что с ускорением стока воды радиация понижается, с замедлением или прекращением — повышается. Влияет даже незначительное изменение уклона на профиле склона. В замкнутых понижениях рельефа радиация особенно высокая (рис. 3).

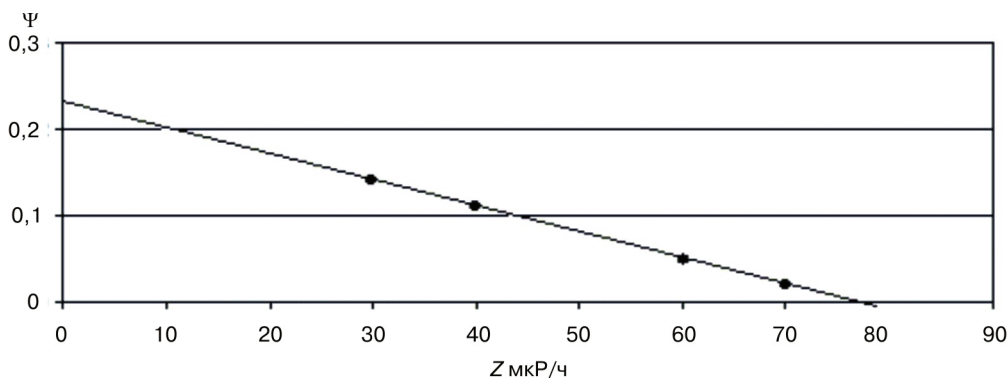


Рис. 2. Определение параметров к расчету кинетической кривой изменения радиации



Рис. 3. Влияние осушительных каналов на распределение радиации по территории

Увеличения скорости движения грунтовых вод и перемещения радионуклидов с потоком можно добиться только за счет увеличения гидравлического уклона потока или градиента напора. Этому служат осушители — каналы и дренажи.

Нами разработаны математические модели передвижения радионуклидов по водоупору к естественным понижениям и к осушительным каналам, позволяющие рассчитывать расстояние между осушителями в конкретных почвенно-гидрогеологических, рельефных условиях, степени радиоактивного загрязнения территории и необходимой скорости реабилитации ее:

$$\frac{dZ}{d\ell} = \frac{\mu_1 H_B}{Z_\infty} (Z_\infty - Z)Z + \mu_1 \chi (m_q - Z)Z; \quad (8)$$

$$Z = \frac{Z_{CT}}{1 + \frac{Z_{CT} - Z_0}{Z_0} e^{-(\mu_1 H_B + \mu_1 \chi m_q)\ell}}, \quad (9)$$

где $\mu_1 \chi (m_q - Z)Z$ — интенсивность изменения концентрации радионуклидов за счет притока к дрене из области, лежащей выше уровня заложения дренажа.

Мероприятия по ускорению отвода поверхностных и грунтовых вод должны включать сооружения, обеспечивающие очистку воды от радионуклидов перед сбросом ее в естественный и искусственный водоприемник и по пути следования потока воды от регулирующих элементов осушительной сети к проводящим каналам разного порядка.

PROCESS MODELING OF ^{137}CS SPREADING ON THE TERRITORY

E.V. Baidakova

Bryansk State Agricultural Academy
Sovetskaya str., 2a, s. Kokino, Bryanskaya obl., Russia, 243365

Field experiments have been accordingly conducted to study Cs_{137} spreading over the form profiles soils and other factors with regard to run off channels of water intake areas.

Maths equations have been worked out delineating radionuclide concentration change measured alongside water intake channel on drained or undrained areas.

The proposed steps intended to facilitate water drainage have proved to be efficient.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ ЛОГИКО-ИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ

С.А. Павлова

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН
Б. Тульская, 52, Москва, Россия, 115191

Модельные методы исследования широко используются в научно-практической деятельности в различных областях естествознания. Возрастает их роль в оценке экологической ситуации.

Модельные логико-информационные методы разрабатываются для решения практических задач управления эколого-экономическими системами с целью определения вариантов их устойчивого развития. Структурные концептуальные модели, разработанные в рамках методов системного анализа, должны соответствовать целям и задачам конкретных исследований. При этом они могут обладать свойством универсальности и использоваться при изучении биологических, экологических, эколого-экономических систем как в комплексе, так и отдельно.

В системах моделей, описывающих окружающую среду, концептуальные и информационные модели являются моделями верхнего уровня. В них используются конечные результаты исследования объектов окружающей среды, полученные как путем системного анализа экспериментальных и натурных данных, так и результатов, полученных теоретически, на основе методов математического моделирования. Этот тип моделирования устанавливает связь между моделями различных уровней. Модельные методы принесут большую пользу, если будут применяться в сфере управления природно-техногенными комплексами или эколого-экономическими системами на всех уровнях функционирующих подсистем (компонент).

Информация при структурном логико-информационном моделировании — это цепь логических связей, приоритетных или информативных параметров, изменение которых подчиняется законам логики. В модели учитывается их зависимость.

Согласно цели и задачам экологических исследований по специально разработанным модельным логико-информационным схемам идет сбор, накопление и обработка данных, системный анализ информации. Математическая обработка результатов проводится в соответствии с выбранными математическими методами, в рамках модели по цепи связанных в графе показателей компонент системы. Это позволяет выявить множественные зависимости между различными компонентами системы, качественно-количественными показателями, выделить сходство цепей и универсальность структуры графа, определить динамику изменений в цепи, выявить приоритетные показатели, оценить ситуацию. Предварительно проведенный по модели анализ результатов экспериментальных и натурных исследований позволяет в дальнейшем определить варианты развития исследуемой

системы. При этом большой интерес возникает при определении времени, за которое система достигнет состояния устойчивости.

Модельные методы логико-информационного исследования расширили сферу своего использования в различных областях естествознания. После аварий на предприятиях атомного энергетического комплекса возросла их роль в оценке радиоэкологической ситуации. Большое значение они имеют при расчете эколого-экономической целесообразности деятельности в разных отраслях народно-хозяйственного комплекса. На основе проведенного системного анализа данных в рамках универсальных логико-информационных моделей были разработаны типы радиоэкологических ситуаций в хозяйствах с разной степенью радиоактивного загрязнения, определены перспективные пути рекреационного развития морских прибрежных урбокомплексов, оценены рекреационные возможности экорегионов. Использование структурно-логических моделей позволяет не только проводить системный анализ данных экомониторинга, но и моделировать развитие экологических ситуаций, оценить перспективы развития отрасли или региона в целом.

RESEARCH OF AN ECOLOGICAL SITUATION ON THE BASIS OF MODELLING LOGIC-INFORMATION METHODS

S.A. Pavlova

Russian Academy of sciences, Nuclear Safety Institute
B. Tulskaia, 52, Moscow, Russia, 115191

Modeling methods of research are widely used in scientific-practical activities in various areas of natural sciences. Their role in an estimation of an ecological situation grows.