

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ

№ 5
2017

ISSN: 2072-9952

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

- Горбунова С.П., Серикова А.В., Потапов И.И.**
ГИС-проект Байкальской природной территории 3

ЗАГРЯЗНЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АНАЛИЗ И ОХРАНА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- Воронич С.С., Роева Н.Н., Зайцев Д.А., Янковский С.А., Шадская Ю.С., Орловская О.А.**
О воздействии полигонов ТБО на поверхностные и подземные природные воды 16

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

- Мысленков С.А., Кречик В.А., Бондарь А.В.**
Суточная и сезонная изменчивость температуры воды в прибрежной зоне Балтийского моря по данным термокосы на платформе Д-6 25

ГИДРОБИОЛОГИЯ

- Исакова Е.Ф., Даллакян Г.А., Гершкович Д.М.**
Протекторный эффект шунгита на ракообразных при действии солей тяжелых металлов $CdSO_4$ и $CuSO_4$ 34

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Расина Л.Н., Вараксин А.Н.**
Корреляционный анализ связей между показателями метаболических процессов в организме мелких млекопитающих зоны радиоактивного загрязнения 39
- Коневских Л.А., Вараксин А.Н., Астахова С.Г.**
Биологический возраст работников промышленных предприятий: антропометрический подход 46
- Правила публикации 54

Учредитель и издатель:
ООО Издательство «Научтехлитиздат»

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1132
Подписной индекс ОАО «Роспечать» 79218
Подписной индекс «Пресса России» 27866

Главный редактор д-р техн. наук, проф.
Т.Г. САМХАРАДЗЕ

Редакция:

Сердюк В.С., Боброва Е.А.,
Паляева Ю.С.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Амбросимов А.К., д-р физ.-мат. наук, проф.
Бабиченко А.В., д-р техн. наук, проф.
Буланова Т.А., доктор техн. наук, проф.
Галиев А.Л., д-р техн. наук, проф.
Галченко Ю.П., д-р техн. наук, проф.
Громов Ю.Ю., д-р техн. наук, проф.
Дидрих В.Е., д-р техн. наук, проф.
Зольников В.К., д-р техн. наук, проф.
Калабин Г.В., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ
Коракхашвили А.А., д-р с.-х. наук, проф., акад. НАН Грузии
Крапивин В.Ф., д-р физ.-мат. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ
Круашивили И.Г., д-р техн. наук, проф.
Матвеев В.А., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ
Михайлов Ю.Б., д-р техн. наук, проф.
Нагишвили О.Г., д-р техн. наук, проф., акад. НАН Грузии
Пириашвили Ш.А., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники РФ
Потапов И.И., канд. техн. наук
Прохоцкий Ю.М., д-р техн. наук
Романов А.А., д-р техн. наук
Рыбин В.М., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники РФ
Скрыль С.В., д-р техн. наук, проф.
Сумин В.И., д-р техн. наук, проф.
Трубецкой К.Н., акад. РАН
Чебышов С.Б., д-р техн. наук, проф.
Щербаков Н.С., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
Опубликованные статьи реферированы в реферативных журналах ВИНИТИ РАН.

Публикация статей бесплатная. Правом внеочередной публикации пользуются аспиранты и докторанты.
Материалы, опубликованные в настоящем журнале, не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без письменного разрешения редакции.
При перепечатке отдельных частей статей ссылка обязательна.

Подписано в печать 02.05.17.
Формат 60×88 1/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 14,3. Усл. кр.-отг. 32,1. Уч.-изд. л. 19,2. Зак. 484.
Тираж 2 700 экз.

Адрес редакции:

107258, Москва, Алымов пер., д. 17, стр. 2.

☎ Тел.: 8 (499) 168-04-95,

факс: 8 (499) 168-23-58. Бухгалтерия: 8 (499) 168-24-28.

✉ E-mail: esip_red@mail.ru

<http://www.tgizd.ru>

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены
ООО Издательство «Научтехлитиздат»
Отпечатано в ООО Издательство «Научтехлитиздат».
107258, Москва, Алымов пер., д. 17, стр. 2

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Л.Н. Расина

канд. биол. наук, старший научный сотрудник

E-mail: rasina@ipae.uran.ru

(Институт экологии растений и животных УрО РАН)

А.Н. Вараксин

доктор физ.-мат. наук

(ФГБУН «Институт промышленной экологии

УрО РАН»)

г. Екатеринбург, Российская Федерация

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗОНЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Исследования проведены на малых лесных мышах (*Apodemus (S.) uralensis* Pallas, 1811), обитающих на двух территориях: 37 мышей отловлены на условно «чистой» территории с содержанием в почве радиоактивного изотопа ^{90}Sr не более 7 kBк/м^2 и 45 мышей – в зоне радиоактивного загрязнения Восточно-Уральского радиоактивного следа с содержанием в почве ^{90}Sr от 5 000 до 18 000 kBк/м^2 . Для каждой группы животных рассчитаны матрицы парных коэффициентов корреляции (КК) Пирсона между тринадцатью биохимическими показателями липидного, углеводного и белкового обменов, всего 78 КК для животных каждой территории. У животных контрольной «чистой» территории найдены сильные корреляционные связи между всеми тринадцатью биохимическими показателями метаболических процессов. Основная масса показателей с наиболее сильными парными корреляционными связями группируется вокруг показателя «Концентрация МДА печени», подчеркивая основную роль липидного обмена и процессов перекисного окисления (ПОЛ) в энергообеспечении клеточно-тканевой функциональной активности. Для животных зоны ВУРСа обнаружены нарушения многих корреляционных связей, свидетельствующие об изменении уровня метаболических процессов и основных регуляторных составляющих клеточно-тканевой функциональной активности при воздействии радиации; эти изменения свидетельствуют о физиологической адаптации организма к обитанию в радиоактивно-загрязненной среде: адаптация базируется на более высоком уровне процессов ПОЛ, чем у контрольных животных. Результаты работы могут служить основой для создания базы данных физиологической, популяционной и видовой устойчивости метаболического гомеостаза к техногенным (прежде всего радиационным) воздействиям.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение территории; Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС); малая лесная мышь; хроническое радиационное воздействие; малые дозы; корреляционные связи между метаболическими показателями; метод корреляционных плед.

L.N. Rasina

Cand. of Biol. Sciences, Senior Researcher

E-mail: rasina@ipae.uran.ru

(Institute of Plant and Animal Ecology Ural Branch

of Russian Academy of Sciences)

A.N. Varaksin

Doctor of Phys.-Math. Sciences

(Institute of Industrial Ecology the Ural Division

of the Russian Academy of Sciences)

Yekaterinburg, Russian Federation

CORRELATION ANALYSIS OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN METABOLIC PROCESSES INDICES IN SMALL MAMMALS LIVING IN THE RADIOACTIVE CONTAMINATION AREA

*The study has been performed on small wood mice (*Apodemus (S.) uralensis Pallas, 1811*) inhabited two areas: 37 mice captured in the conventionally «clear» territory having ⁹⁰Sr radioactive isotope content in soil less than 7 kBq/m² and 45 mice in the East Ural radioactive trace (EURT) contamination zone with ⁹⁰Sr soil content from 5 000 to 18000 kBq/m². The matrix of the Pearson correlation coefficients (PCC) between thirteen biochemical parameters of lipid carbohydrate and protein metabolism were calculated, in total 78 PCC for each animal group. In animals of the control «clear» territory strong correlations were found between all biochemical indices. Most indices with strongest pair PCC grouped around the index named «MDA concentration in the liver», emphasizing the pivotal role of lipid metabolism and peroxidation in the energy supply of the cell-tissue functional activity. Many of these correlations are broken for the animals in the EURT area, indicating a change in the level of metabolic processes and key regulatory components of cells and cell-tissular functional activity under the radiation exposure. These changes are evidence of the functional adaptation to habitation in radioactively-contaminated environment which is based on a higher level of peroxidation comparing to control animals. The obtained results can serve as a basis for development a database for physiological, population and species sustainability of metabolic homeostasis to industrial (primarily radiation) exposure.*

Keywords: area radioactive contamination; East-Ural radioactive trace (EURT); small wood mouse; chronic radiation exposure; small doses; correlation relationships between metabolic indices; correlation pleiads method.

Метаболический гомеостаз в целом отражает состояние энергетических и пластических основ устойчивости организма к воздействию факторов окружающей среды. Исследования на природных популяциях млекопитающих регионов радиоактивного загрязнения дают возможность оценить специфику метаболизма в условиях хронического радиационного воздействия, его роль в формировании радиоустойчивости популяций и видов, закономерности формирования отдаленных последствий. Метаболические показатели в той или иной степени взаимосвязаны между собой. Внешние факторы в зависимости от их специфики и силы воздействия изменяют эти взаимосвязи, нарушая гомеостаз. Характер изменений, их степень и направленность выявляются в сравнении показателей животных зоны техногенного воздействия с исходным уровнем, который является результатом генетически закрепленных реакций, сформировавшихся в процессе длительной адаптации к специфическим для вида условиям среды обитания, и базисом для приспособительных перестроек при воздействии неблагоприятных факторов [1, 2].

Цель работы – методами корреляционного анализа провести сравнение метаболических связей в организме мелких млекопитающих, обитающих на «чистой» и загрязненной радионуклидами территориях. Такое сравнение может стать основой для дальнейшей сравнительной оценки индивидуальной и видовой резистентности гомеостаза к техногенным воздействиям. В работе [3] авторы обратили внимание на изменение ряда парных взаимосвязей при хроническом радиационном воздействии, в настоящей работе проведено систематическое исследование взаимосвязей между основными метаболическими показателями.

Материалы и методы

Экспериментальный материал представляет 13 биохимических показателей (табл. 1),

характеризующих липидный, углеводный и белковый обмен в организме. Показатели получены на малых лесных мышах (*Apodemus (S.) uralensis Pallas 1811*) первого года жизни, которые не принимали участия в размножении. Животные состоят из двух групп. Группа «Контроль» включает в себя 37 животных, отловленных на «чистой» территории с содержанием в почве радиоактивного изотопа ⁹⁰Sr менее 0,044 МБк/м² (0,2 Ки/км²), группа «ВУРС» включает в себя 45 животных, отловленных в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа с содержанием в почве ⁹⁰Sr от 5 до 18 МБк/км² (400...500 Ки/км²) [4]. Используются биохимические методы анализа показателей метаболических процессов, которые подробно представлены в работе [5]. Методами корреляционного анализа проведено изучение связей между биохимическими показателями внутри каждой из двух групп («Контроль», «ВУРС»). Наглядное представление корреляционных связей выполнено методом корреляционных плеяд [6...8].

Результаты и обсуждение

Для биохимических показателей метаболических процессов у животных, относящихся к группам «Контроль» и «ВУРС», рассчитаны матрицы парных коэффициентов корреляции Пирсона (78 коэффициентов для каждой группы). Для интегрального представления массива коэффициентов корреляции (КК) использованы гистограммы распределения значений КК в этих группах (рис. 1). В группе «Контроль» гистограмма показателей для животных «чистой» территории свидетельствует, что все парные КК достаточно высоки и статистически значимы ($p < 0,001$): минимальный по модулю КК=0,53 имеет место между гликогеном печени и концентрацией МДА в миокарде (показатели № 6 и 10 в табл. 1); максимальный КК=0,87 наблюдается между концентрацией белка в плазме крови и концентрацией общих липидов в печени

Биохимические показатели метаболических процессов у лесных мышей

№	Показатель
1	Активность глюкозофосфатизомеразы (ГФИ) в периферической крови
2	Концентрация общих липидов в миокарде
3	Концентрация МДА в печени
4	Концентрация холестерина в плазме крови
5	Концентрация глюкозы в плазме крови
6	Содержание гликогена печени
7	Концентрация МДА в надпочечниках
8	Концентрация общих липидов в надпочечниках
9	Содержание общего белка селезенки
10	Концентрация МДА в миокарде
11	Концентрация белка в плазме крови
12	Концентрация общих липидов в плазме крови
13	Концентрация общих липидов в печени

(показатели № 11 и 13). Все парные КК положительны, за исключением КК показателей с гликогеном печени; для гликогена печени (показатель № 6) коэффициенты корреляции со всеми остальными двенадцатью показателями – отрицательны (левая часть рис. 1, а).

Другая картина наблюдается на гистограмме биохимических показателей для животных группы «ВУРС». Здесь во всем массиве КК их значения распределяются следующим образом: 39,8 % КК значимо не отличаются от нуля ($p > 0,05$); 42,2 % – статистически значимы и положительны; 18,0 % – статистически значимы и отрицательны. Наибольшее число статистически незначимых КК (11 коэффициентов корреляции из 12) имеет показатель № 2 (концентрация общих липидов в миокарде); 10 незначимых КК имеет показатель № 11 (концентрация белка в плазме крови). Таким образом, связи именно этих показателей с другими показателями подверглись наибольшему «разрушающему» воздействию радиации. Наименьшее число статистически незначимых КК (один коэффициент корреляции из 12) имеет показатель № 1 (активность ГФИ крови).

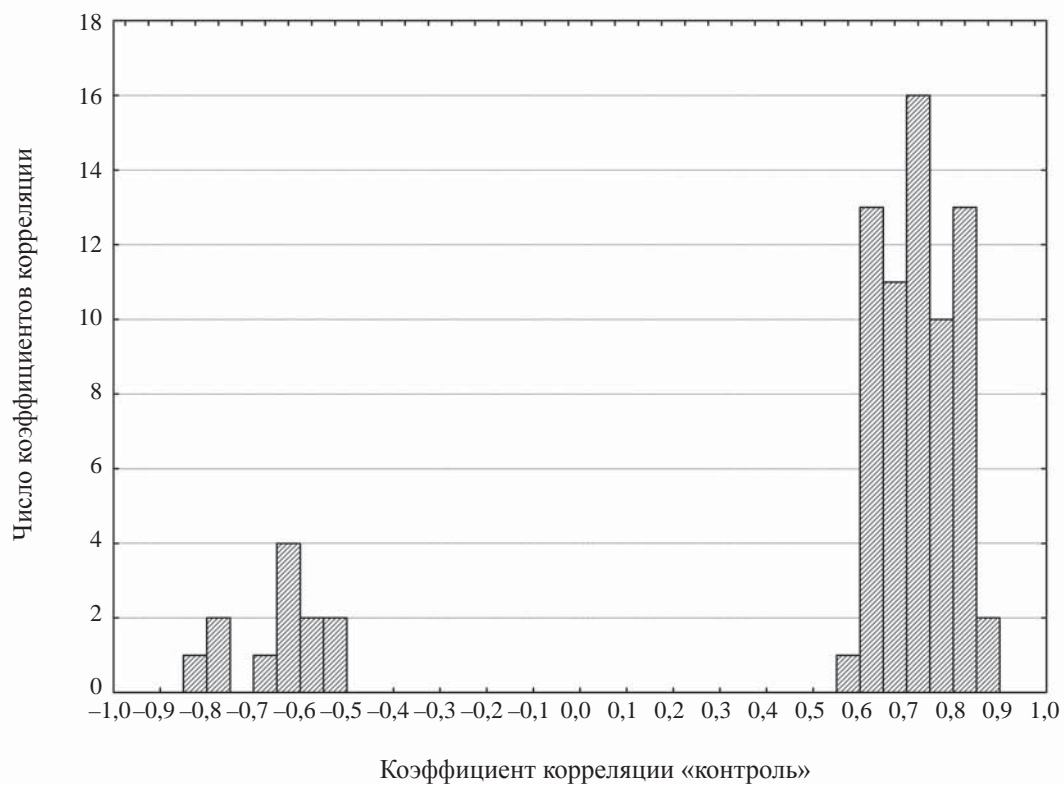
Наибольшее число статистически значимых *положительных* КК (9 из 12) наблюдается у показателя № 4 (концентрация холестерина в плазме крови), восемь положительных КК имеет показатель № 1 (активность ГФИ крови), по семь положительных КК имеют показатели № 3, 7, 10, 12 и 13, представляющие концентрацию МДА печени, надпочечников, миокарда, концентрацию общих липидов в плазме, печени. Результаты подчеркивают роль системы перекисного окисления липидов (ПОЛ) у животных ВУРСа; ни одного положительного КК

не имеет показатель № 11 (концентрация белка в плазме крови), как характеристики изменения белоксинтезирующей метаболической функции.

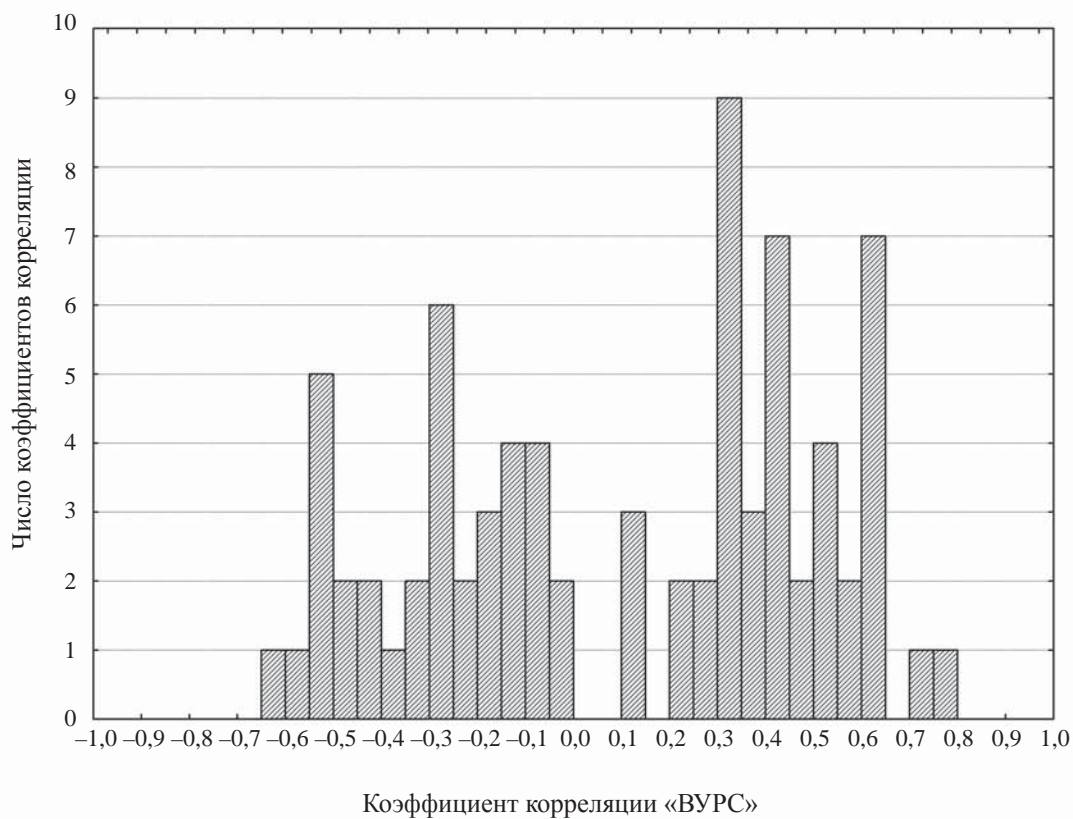
Наибольшее число статистически значимых *отрицательных* КК (7 из 12) имеет показатель № 9 (содержание общего белка селезенки), пять отрицательных КК имеет показатель № 5 (концентрация глюкозы в плазме крови); показатель № 6 (содержание гликогена печени), у которого на контрольной территории все 12 коэффициентов корреляции были отрицательны, в зоне ВУРСа имеет только один отрицательный КК с показателем № 5 (концентрация глюкозы в плазме крови), как характеристику значимости углеводного обмена наряду с липидным в условиях радиационного воздействия.

Для наглядного графического представления корреляционной матрицы используются корреляционные плеяды [6...8]. Кружки с номерами внутри обозначают показатели (номер показателя соответствует табл. 1); линии, соединяющие пары кружков, показывают наиболее сильные корреляционные связи: номер около линии означает ранг связи (чем выше ранг, тем ниже по модулю коэффициент корреляции).

Для животных группы «Контроль» («чистая» территория) корреляционная плеяда показана на рисунке 2. В эту корреляционную плеяду вошли 10 из 13 показателей таблицы 1 (не вошли показатели № 1, 4 и 8) и 16 наиболее сильных связей из общего числа связей 78. На рисунке 2 видно, что некоторые показатели имеют многочисленные сильные корреляционные связи с другими показателями; например, показатель № 13 (концентрация общих липидов печени) имеет шесть сильных



а



б

Рис. 1. Гистограммы коэффициентов корреляции: а – «Контроль»; б – «ВУРС»

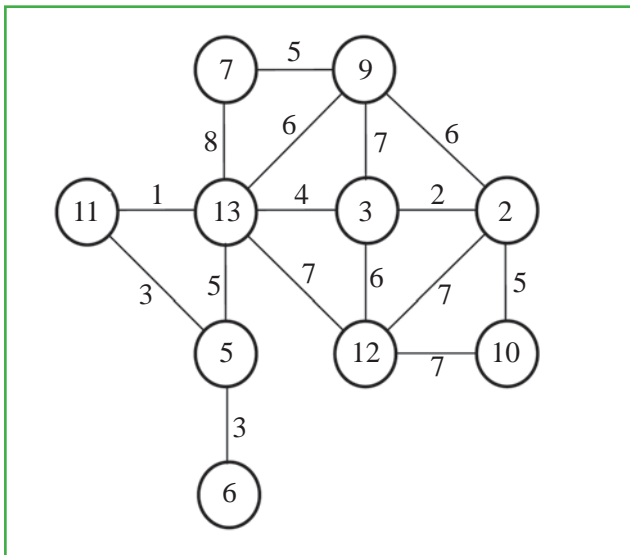


Рис. 2. Корреляционная плеяда для метаболических показателей лесных мышей группы «Контроль»

связей с другими показателями, в том числе связь с самым высоким КК: линия с № 1 на рисунке 2 соединяет показатели № 11 и 13 с наибольшим парным КК, равным +0,87 (табл. 2). По четыре сильных корреляционных связей имеют показатели № 2, 3, 9 и 12. Явно в «центре» плеяды находится показатель № 3 (концентрация МДА печени). В целом корреляционная плеяда дает представление о взаимосвязи липидного, углеводного и белкового обменов в метаболических клеточно-тканевых процессах, протекающих в организме животных группы «Контроль». Тем самым показана роль липидных резервов и перекисного окисления липидов (ПОЛ), как базиса энергообразующих механизмов, поскольку МДА является вторичным продуктом ПОЛ. Сбалансированность окислительно-метаболизма с уровнем липидов и гликогена печени как энергетических и пластических ресурсов является характеристикой функционально-метаболической устойчивости организма. Именно функционально-метаболические изменения и процессы их регуляции относят к ведущим проявлениям реакций на длительное низкоинтенсивное радиационное воздействие в малых дозах [9].

Для животных зоны «ВУРС» корреляционную плеяду показана на рисунке 3. В эту корреляционную плеяду вошли 12 наиболее сильных связей из общего числа связей 78 для 10 из 13 показателей

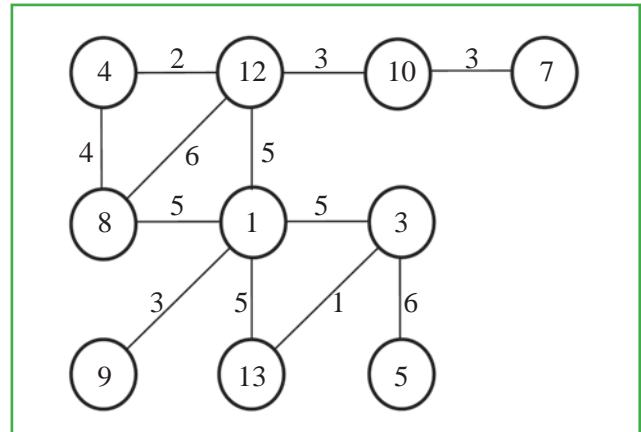


Рис. 3. Корреляционная плеяда для метаболических показателей лесных мышей группы «ВУРС»

таблицы 1 (не вошли показатели № 2, 6 и 11). Не вошедшие в корреляционную плеяду показатели для группы «ВУРС» в «Контроле» демонстрируют значимые корреляционные связи с другими показателями: так, показатель № 11 на контрольной территории имеет связи с рангом 1 (самая сильная связь) и рангом 4, показатель № 2 имеет четыре связи, в том числе с рангом 2, показатель № 6 на контрольной территории имеет связь с рангом 3. Теперь в «центре» плеяды находится показатель № 1 (активность ГФМ крови), который для контрольных животных вообще не вошел в корреляционную плеяду, что характеризует более значимую чем в «Контроле» роль углеводных резервов наряду с липидными, в качестве источника энергии для клеточно-тканевой функциональной активности в организме животных зоны ВУРСа.

В то же время показатели, которые не вошли в плеяду для группы «Контроль», в зоне ВУРСа демонстрируют определенное число сильных связей, например, показатель № 1 – пять сильных связей. Другие показатели, не вошедшие в плеяду для группы «Контроль» (№ 4 и 8), также имеют в зоне ВУРСа достаточно сильные связи (показатель № 12 – четыре связи, показатель № 8 – три связи, показатель № 4 – две связи, в том числе с рангом 2).

Отметим еще одну особенность матрицы коэффициентов корреляции для животных зоны ВУРСа: для всех показателей часть КК оказывается положительной, часть – отрицательной. Напомним, что для «Контроля» парные КК любого

Таблица 2

Коэффициенты корреляции и их ранги для группы «Контроль»: 16 связей из возможного полного числа связей 78 (для одинаковых КК использованы одинаковые ранги)

№ связи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ранг	1	2	3	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8
КК	0,87	0,86	-0,85	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,80

Коэффициенты корреляции и их ранги для группы «ВУРС»: 12 связей из возможного полного числа связей 78 (для одинаковых КК использованы одинаковые ранги)

№ связи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ранг	1	2	3	3	3	4	5	5	5	5	6	6
КК	0,78	0,74	-0,63	0,63	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	-0,59	0,59

показателя со всеми остальными положительны, за исключением отрицательных КК для показателя № 6 – содержание гликогена печени.

Таким образом, использование метода корреляционных плеяд позволило наглядно показать различия взаимосвязей ряда биохимических показателей в организме мелких млекопитающих «чистой» и радиоактивно загрязненной зоны. Представленные результаты демонстрируют значительную перестройку метаболических процессов в организме лесных мышей под действием радиоактивного загрязнения среды обитания, направленность изменений на инициацию ПОЛ и увеличение использования углеводных резервов наряду с липидными в энергообразующих процессах, обеспечивающих возросшую, по сравнению с «Контролем», клеточно-тканевую функциональную активность в условиях зоны ВУРСа.

Выводы

Для биохимических показателей метаболических процессов у животных, относящихся к группам «Контроль» и «ВУРС», которые отловлены на «чистой» и радиоактивно-загрязненной территориях соответственно, рассчитаны матрицы парных коэффициентов корреляции Пирсона (78 коэффициентов для каждой группы). Массив коэффициентов корреляции (КК) интегрально представлен гистограммами распределения значений КК в этих группах (рис. 1) и графически в виде корреляционных плеяд (рисунки 2, 3).

Для животных контрольной «чистой» территории, которые не подвергались радиационному воздействию, найдены сильные корреляционные связи между всеми тринадцатью биохимическими показателями метаболических процессов как характеристика исходной гомеостатической регуляции уровня липидного, углеводного и белкового обмена. Основная масса показателей с наиболее сильными парными корреляционными связями группируется вокруг показателя «Концентрация МДА печени»; этим показана основная роль липидного обмена и процессов ПОЛ в энергообеспечении клеточно-тканевой функциональной активности в группе «Контроль».

Для животных, отловленных в зоне ВУРСа, установлены нарушения многих корреляционных

связей, имевших место между биохимическими показателями у животных не загрязненной радионуклидами территории; нарушение связей свидетельствует об изменении уровня метаболических процессов и основных регуляторных составляющих клеточно-тканевой функциональной активности, которые характеризуют физиологическую адаптацию организма к обитанию в радиоактивно-загрязненной среде.

Достаточное число значимых корреляционных связей у животных ВУРСа имеют показатели № 1 (активность ГФИ крови), № 3 (концентрация МДА в печени), № 4 (концентрация холестерина плазмы крови), № 7 (концентрация МДА в надпочечниках), № 13 (концентрация общих липидов в печени) и определяют направление физиологической адаптации организма, обусловленное возрастанием уровня процессов ПОЛ и их влияния на все стороны метаболизма в условиях радиоактивного загрязнения среды обитания.

Полученные корреляционные матрицы и корреляционные плеяды при направленном расширении экспериментальных данных могут служить отправной точкой для создания базы данных физиологической (индивидуальной), популяционной и видовой устойчивости метаболического гомеостаза к техногенным воздействиям.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-2-4-21.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков В.Н., Ковальчук Л.А., Ястребов А.П. *Энергетический обмен у полевок и его изменения в экстремальных условиях*. Свердловск, 1984. 114 с.
2. Ozernyuk N.D., Nechaev S.K. Analysis of mechanisms underlying adaptation processes. *Biology Bulletin*. 2002. Vol. 29. № 4. С. 373...377.
3. Расина Л.Н., Орехова Н.А., Варакин А.Н. Изменение взаимосвязей между параметрами метаболического гомеостаза как показатель реакций на радиационное воздействие (на примере животных зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа) // *Экологические системы и приборы*. 2014. № 2. С. 26...32.
4. Molchanova I., Mikhailovskaya L., Antonov K., Pozolotina V., Antonova E. 2014. Current assessment

- of integrated content of long-lived radionuclides in soils of the head part of the East Ural radioactive trace. *J. Environ. Radioact.* 2014. Vol. 138, pp. 238...248.
5. Расина Л.Н., Орехова Н.А. Метаболический гомеостаз мелких млекопитающих в условиях Восточно-Уральского радиоактивного следа // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2009. Т. 49. № 2. С. 238...245.
 6. Терентьев П.В., Ростова Н.С. *Практикум по биометрии.* Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1977.
 7. Berg R.L. The ecological significance of correlation Pleiades. *Evolution.* 1960. Vol. 14. № 2, pp. 171...180.
 8. Вараксин А.Н., Живодеров А.А., Константинова Е.Д., Жовнер И.В. Применение метода корреляционных плеяд в задачах медико-экологического мониторинга // *Экологические системы и приборы.* 2009. № 5. С. 51...54.
 9. Любашевский Н.М. *Экологический анализ медицинских проблем загрязнения среды. Наука: Проблемы, исследования, разработки.* Израиль: Ашдод, 2007. С. 128...140.

REFERENCES

1. Bolshakov V.N., Kovalchiuk L.A., Yastrebov A.P. Energeticheskii obmen u polevok i ego izmeneniya v ekstremal'nykh usloviyakh [Energy metabolism in voles and its change in extreme conditions]. Sverdlovsk, 1984. 114 p.
2. Ozernyuk N.D., Nechaev S.K. Analysis of mechanisms underlying adaptation processes. *Biology Bulletin.* 2002. Vol. 29. № 4. С. 373...377.
3. Rasina L.N. Orekhova N.A. Varaksin A.N. Izmenenie vzaimosvyazei mejdu parametrami metabolicheskogo gomeostaza kak pokazatel' reakcii na radiacionnoe vozdeistvie (na primere zivotnykh zony Vostochno-Ural'skogo radioaktivnogo sleda) [The relationship change between parameters of metabolic homeostasis as evidence of reactions to radiation exposure (an example of animals within East-Ural radioactive track)]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological Systems and Devices]. 2014. № 2, pp. 26...32.
4. Molchanova I., Mikhailovskaya L., Antonov K., Pozolotina V., Antonova E. 2014. Current assessment of integrated content of long-lived radionuclides in soils of the head part of the East Ural radioactive trace. *J. Environ. Radioact.* 2014. Vol. 138, pp. 238...248.
5. Rasina L.N., Orekhova N.A. Metabolicheskii gomeostaz melkih mlekopitayuschih v usloviyakh Vostochno-Ural'skogo radioaktivnogo sleda [The metabolic homeostasis of the small mammals in the conditions of the East Ural radioactive trace]. *Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya* [Radiation Biology. Radioecology]. 2009. Vol. 49. № 2, pp. 238...245.
6. Terentyev P.V., Rostova N.S. *Praktikum po biometrii* [Biometrics training]. L.: Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta [Leningrad University Publishing house]. 1977.
7. Berg R.L. The ecological significance of correlation Pleiades. *Evolution.* 1960. Vol. 14. № 2, pp. 171...180.
8. Varaksin A.N., Zhivoderov A.A., Konstantinova E.D., Zhovner I.V. Primenenie metoda korrelyacionnykh pleяд v zadachah mediko-ekologicheskogo monitoringa [Application of the correlation pleiades method to medical-ecological problems]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological Systems and Devices]. 2009. № 5, pp. 51...54.
9. Liubashewsky N.M. *Ekologicheskii analiz medicinskih problem zagryazneniya sredy. Nauka: Problemy, issledovaniya, razrabotki* [Ecological analysis of the medical problems of environment pollution. Nauka: Problems, Researches, Elaborations]. Izrael: Ashdod, 2007, pp. 128...140.

Информация об авторах

Расина Лариса Николаевна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник

E-mail: rasina@ipae.uran.ru

Институт экологии растений и животных УрО РАН

620144, г. Екатеринбург, Российская Федерация, ул. 8 Марта, 202

Вараксин Анатолий Николаевич, доктор физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник

E-mail: varaksin@ecko.uran.ru

Институт промышленной экологии УрО РАН

620990, г. Екатеринбург, Российская Федерация, ул.С. Ковалевской, 20

Information about authors

Rasina Larisa Nikolaevna, Cand. of Biol. Sciences, Senior Researcher

E-mail: rasina@ipae.uran.ru

Institute of Plant and Animal Ecology Ural Branch of Russian Academy of Sciences

620144, Yekaterinburg, Russian Federation, 8 Marta Str., 202

Varaksin Anatoly Nikolaevich, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Principle Researcher

E-mail: varaksin@ecko.uran.ru

Institute of Industrial Ecology the Ural Division of the Russian Academy of Sciences

620990, Yekaterinburg, Russian Federation, S. Kovalevskaya Str., 20