



**2-я Международная научно-практическая
Конференция «Функциональные продукты
питания: научные основы разработки,
производства и потребления»**

***Джимак Степан Сергеевич -
кандидат биологических наук, доцент
кафедры радиофизики и нанотехнологий
Кубанского государственного университета***

**«Вода с пониженным содержанием
дейтерия. Перспективы применения в
питании спортсменов»**

Кубанский государственный университет
Физико-технический факультет

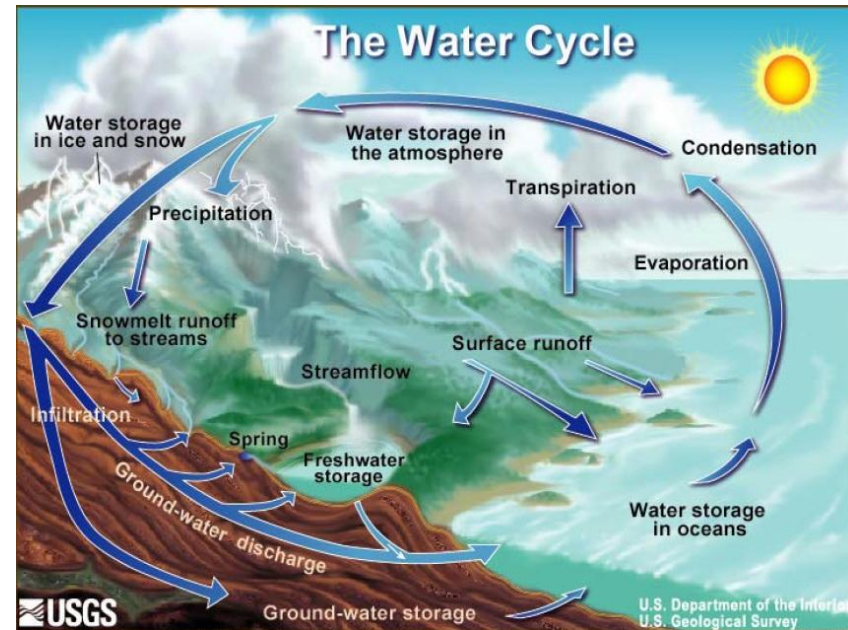
Джимак Степан Сергеевич,
доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий

**Вода с пониженным содержанием
дейтерия. Перспективы применения в
питании спортсменов**

Москва 2018

Международные стандарты:

- GISP – международный стандарт воды из гренландского льда: $D/H = 124,6 \pm 0,5 \text{ ppm}$;
- SMOW – международный стандарт океанической воды: абсолютное содержание дейтерия $D/H = 155,76 \text{ ppm}$;
- SLAP – определяет изотопный состав природной воды из Антарктики: $D/H = 89 \text{ ppm}$;



$$\delta D = (R_{\text{пробы.}}/R_{\text{станд.}} - 1) \times 1000 (\text{‰})$$

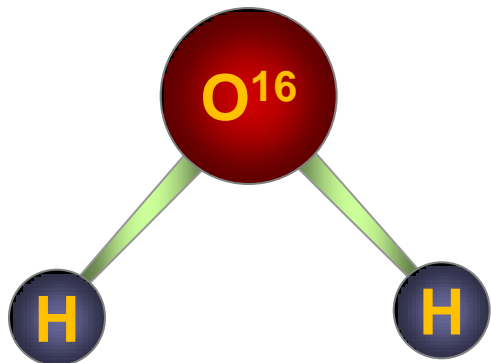
В воде содержание легких молекул $H_2^{16}O$ – 99,727 %, остальное приходится на тяжелые молекулы. Тяжелокислородная вода: $H_2^{18}O$ – 0,2 %, $H_2^{17}O$ – 0,04 %. Тяжелая вода: $HD^{16}O$ – 0,015 %

Содержание тяжелой воды в некоторых бутилированных водах

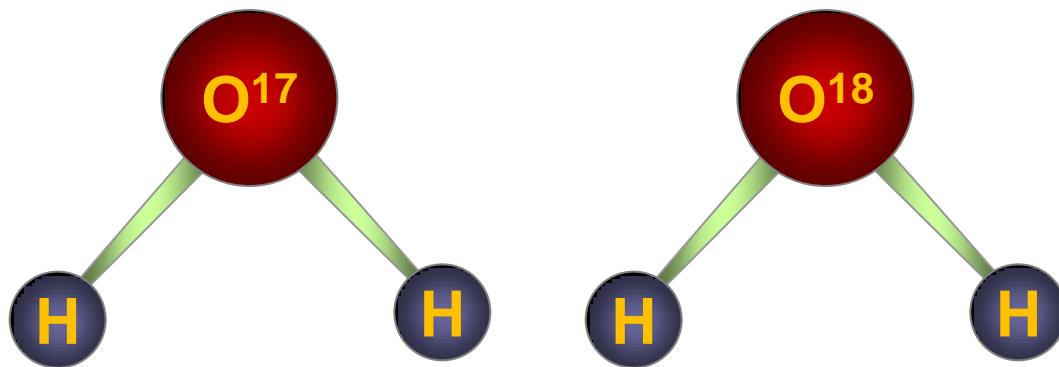
Марка воды	Содержание тяжеловодородн ой воды (в расчете на молекулу HDO, мг/л	Содержание тяжелокислород ной воды, г/л
«Evian», Франция	305	1,98
«S.Pellegrino», Италия	310	1,99
«Vittel», Франция	312	1,99
«Jizan», Саудовская Аравия	333	2,08
«Кристалльная», Россия, г. Самара	296,5	1,96
«Боржоми», Грузия	297	1,97
Есентуки 17	326,5	-
Горячий ключ, скважина 934	324	-
Нарзан	305	-
Кубай	354	-
Меркурий	309,5	-
<u>Легкая вода из лабораторной установки ЛВ-2</u>	<u>84</u>	-
Легкая вода «Лангвей 60», Россия, Москва	127	1,77
Легкая вода «Лангвей 50», Россия, Москва	106	1,75

Основные молекулы воды

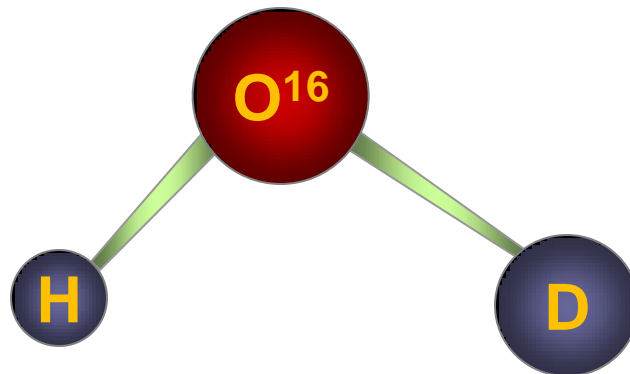
Легкая вода



Тяжелокислородная вода



Тяжеловодородная вода



Легкая вода – вода частично или полностью очищенная от тяжелых молекул воды

{H₂¹⁷O, H₂¹⁸O, D₂O (HDO)}

Электролизная установка для производства обедненной по дейтерию воды



Электролизная установка ЛВ-2

ПРИМЕНЕНИЕ ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДЕЙТЕРИЯ И ^{17}O В ЖИДКИХ СРЕДАХ

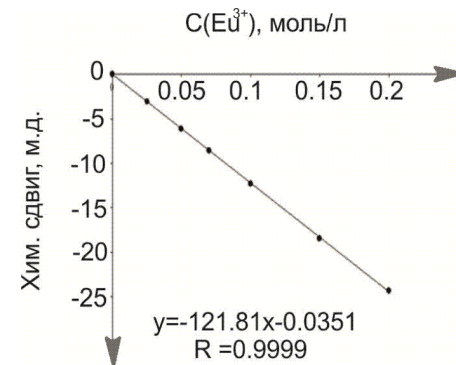
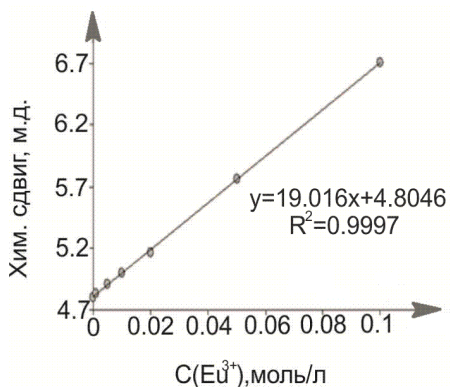
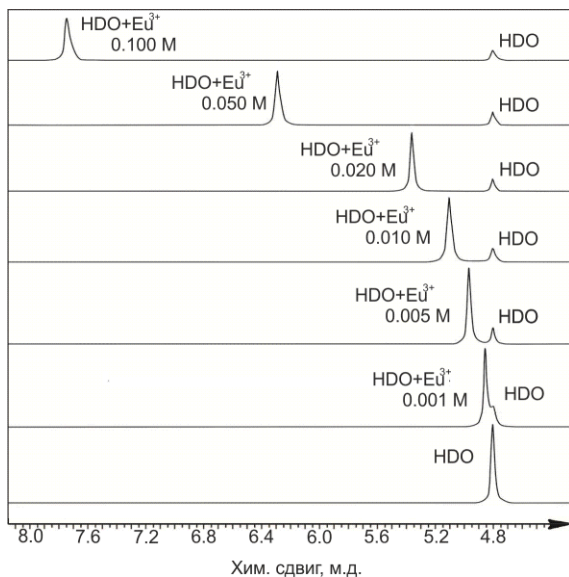


Рис. 1. ЯМР спектры растворов, содержащих 0,100 моль/л, 0,050 моль/л, 0,020 моль/л, 0,010 моль/л, 0,005 моль/л, 0,001 моль/л сдвигающего реагента трифторметансульфоната европия (III)

Джимак С.С., Басов А.А., Барышев М.Г. и др. Применение ЯМР-спектроскопии для определения низких концентраций нерадиоактивных изотопов в жидких средах // Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Том 58. №7. С. 47-52.

Рис. 2. Зависимость парамагнитного химического сдвига ядер дейтерия от концентрации ионов Eu^{3+} в растворе

Рис. 4. Зависимость парамагнитного химического сдвига ядер ^{17}O воды от концентрации ионов Eu^{3+} в растворе

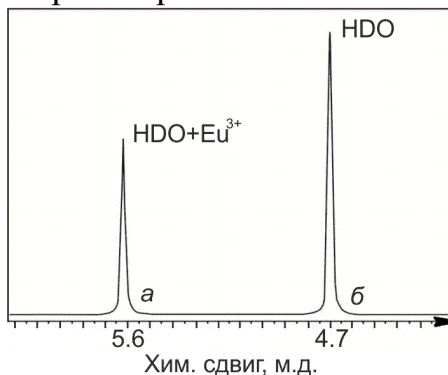


Рис. 3. ЯМР спектр воды. Сигнал дейтерия в исследуемом образце воды (б), относительно эталона со сдвигающим реагентом (а)

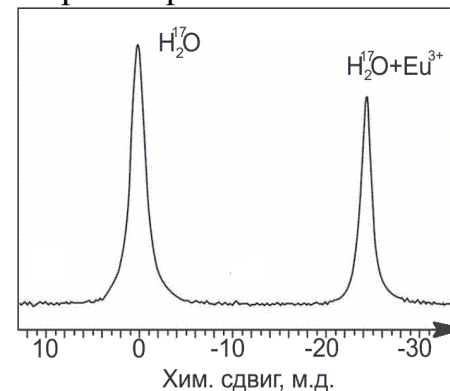
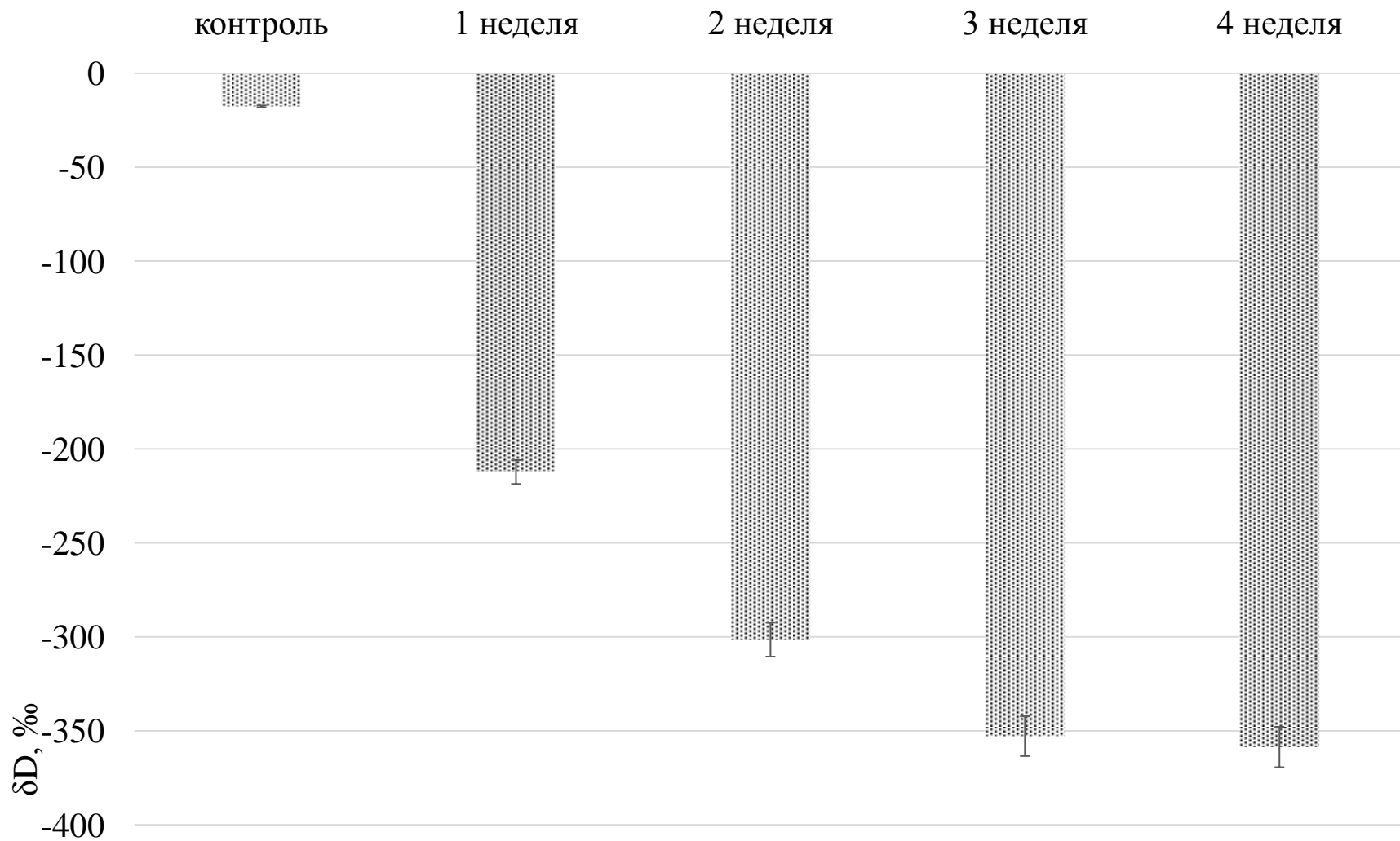
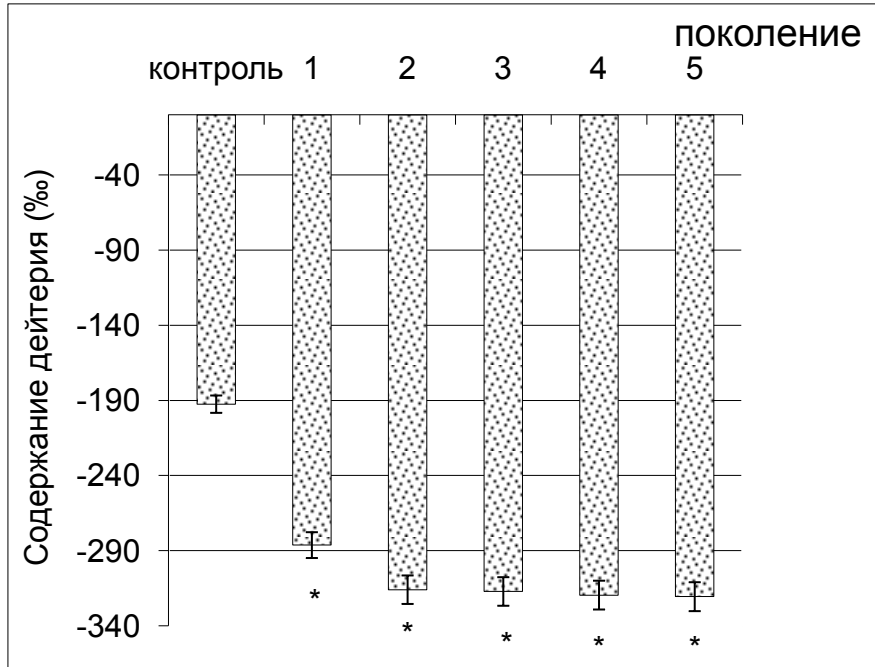


Рис. 5. Сигнал ^{17}O в исследуемом образце воды (слева) и сигнал эталона со сдвигающим реагентом (справа)

Динамика снижения содержания дейтерия в плазме крови лабораторных животных при потреблении ОДВ с $\delta D = -705\text{‰}$

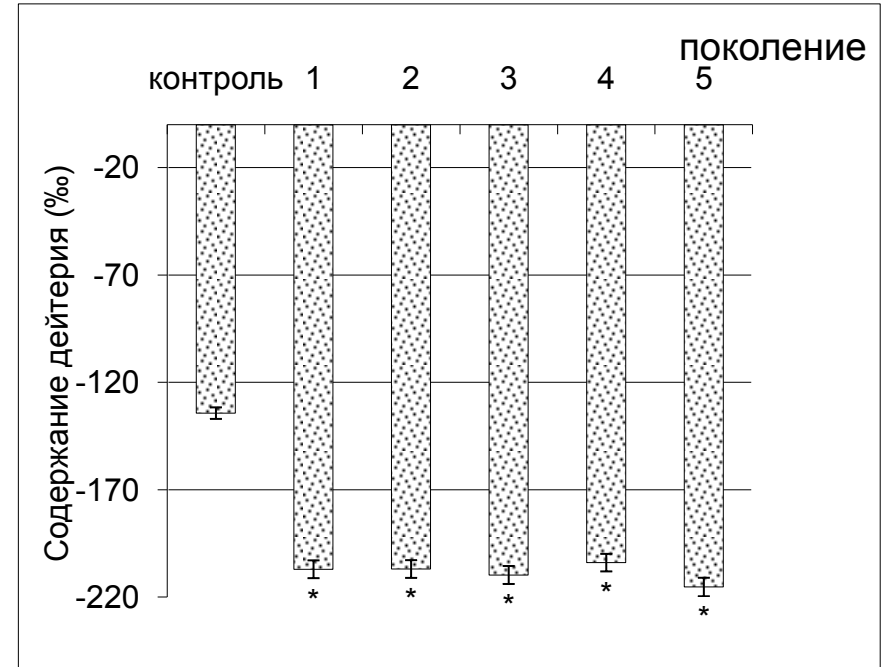


Концентрация дейтерия в плазме крови и лиофилизированных тканях у 5 поколений лабораторных животных, потреблявших ОДВ с $\delta D = -743,20\text{‰}$ и $\delta D = -24\text{‰}$



Примечание: * – $p < 0,01$ в сравнении с показателями контрольной группы (Б), 1-5 – соответствующие поколения крыс из группы А.

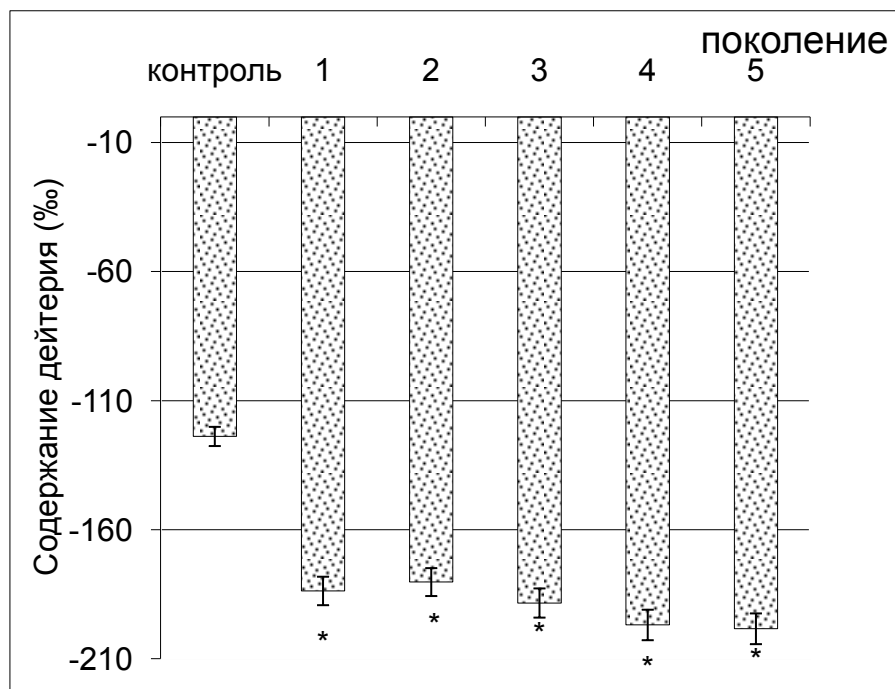
Рис. Содержание дейтерия в лиофилизированных тканях **почки** у крыс пяти поколений.



Примечание: * – $p < 0,05$ в сравнении с показателями контрольной группы (Б), 1-5 – соответствующие поколения крыс из группы А.

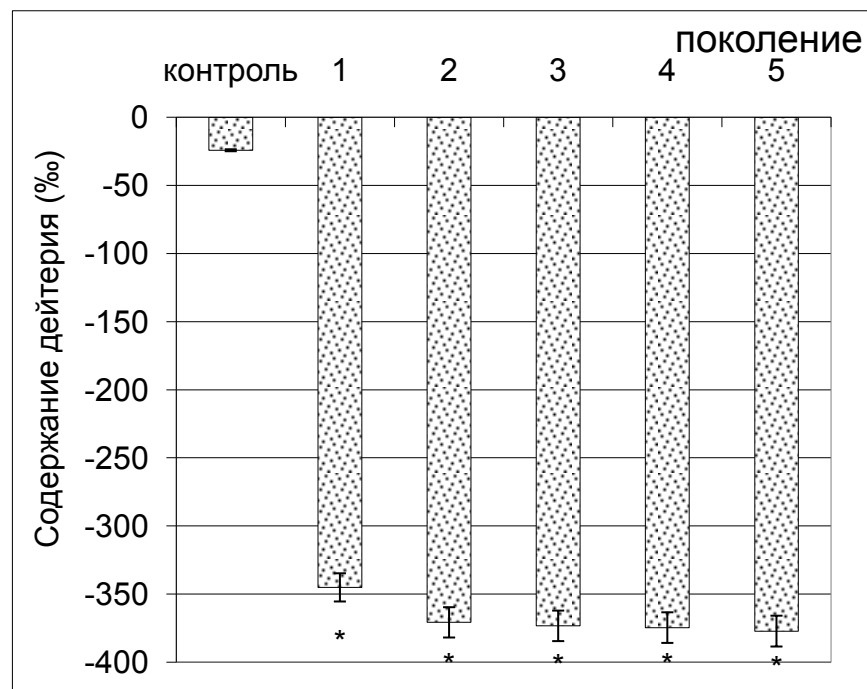
Рис. Содержание дейтерия в лиофилизированных тканях **печени** у крыс пяти поколений.

Концентрация дейтерия в плазме крови и лиофилизированных тканях у 5 поколений лабораторных животных, потреблявших ОДВ с $\delta D = -743,20\text{‰}$ и $\delta D = -24\text{‰}$



Примечание: * – $p < 0,05$ в сравнении с показателями контрольной группы (Б), 1-5 – соответствующие поколения крыс из группы А.

Рис. Содержание дейтерия в лиофилизированных тканях сердца у крыс пяти поколений.



Примечание: * – $p < 0,05$ в сравнении с показателями контрольной группы (Б), 1-5 – соответствующие поколения крыс из группы А.

Рис. Содержание дейтерия в плазме крови у крыс пяти поколений.

Модель эксперимента

В ходе проведения эксперимента были сформированы группы животных (с различным пищевым рационом по содержанию D/H), потребляющие ОДВ (δD , ‰ = -743 ‰, здесь и далее указано содержание по дейтерию (D), – группы 2, 3, 4 и 5) и минерализованную воду (-37 ‰ – группы 1 и 6):

а) группа 1 – животные с моделью ХЭТ, которые на протяжении всего эксперимента (42 дня) потребляли минерализованную воду;

б) группа 2 – животные с изучаемым протекторным действием ОДВ при развитии ХЭТ, которые на протяжении всего эксперимента одновременно с введением токсиканта потребляли ОДВ;

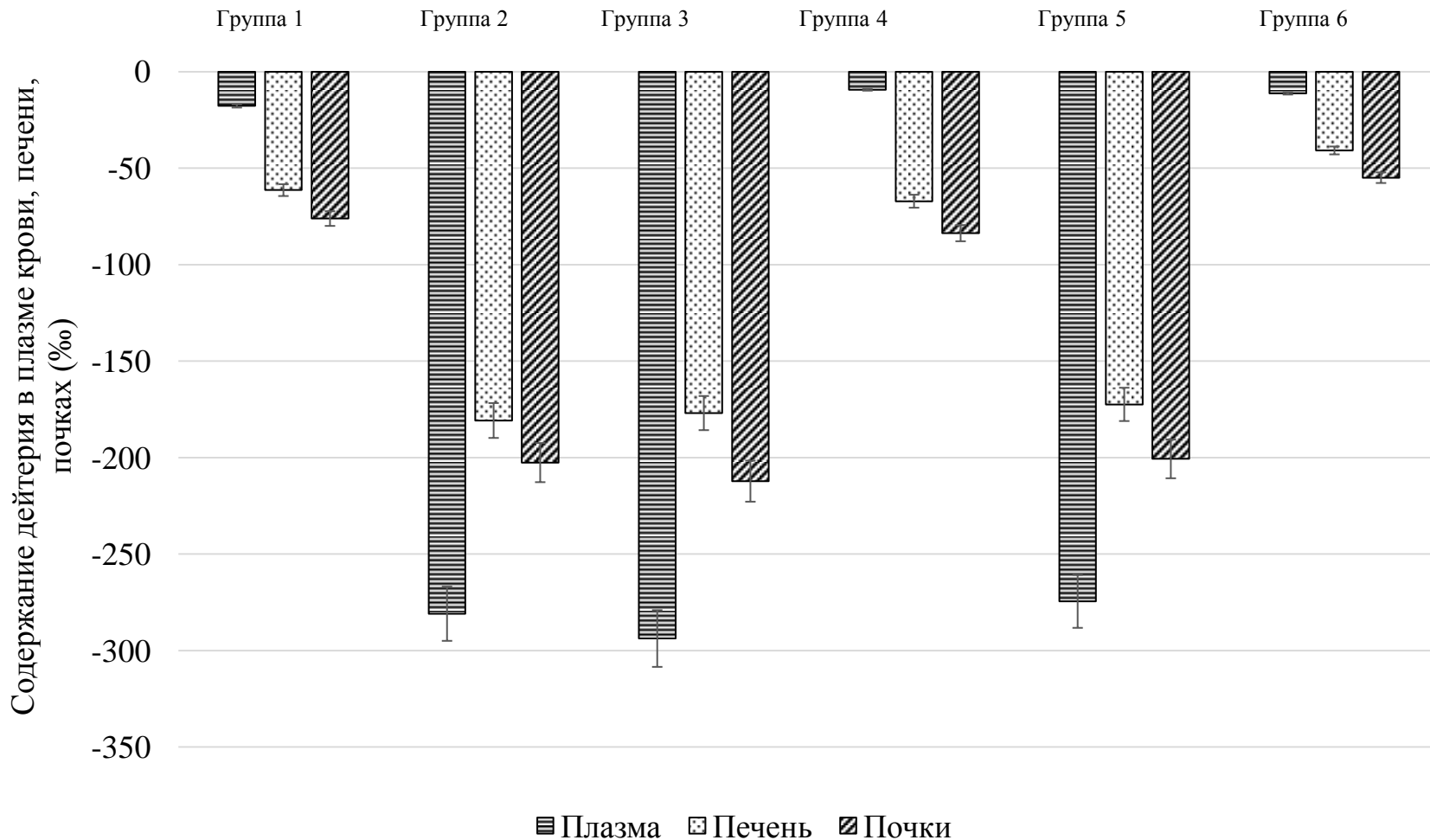
в) группа 3 – животные с изучаемым профилактическим и корригирующим действием ОДВ при длительном применении на фоне развития ХЭТ, которые потребляли ОДВ за 14 дней до моделирования ХЭТ и затем еще в течение 42-х суток эксперимента;

г) группа 4 – животные с изучаемым профилактическим действием ОДВ при кратковременном курсе ее применения, которые потребляли ОДВ за 14 дней до моделирования ХЭТ, а затем в течение 42-х суток эксперимента получали минерализованную воду;

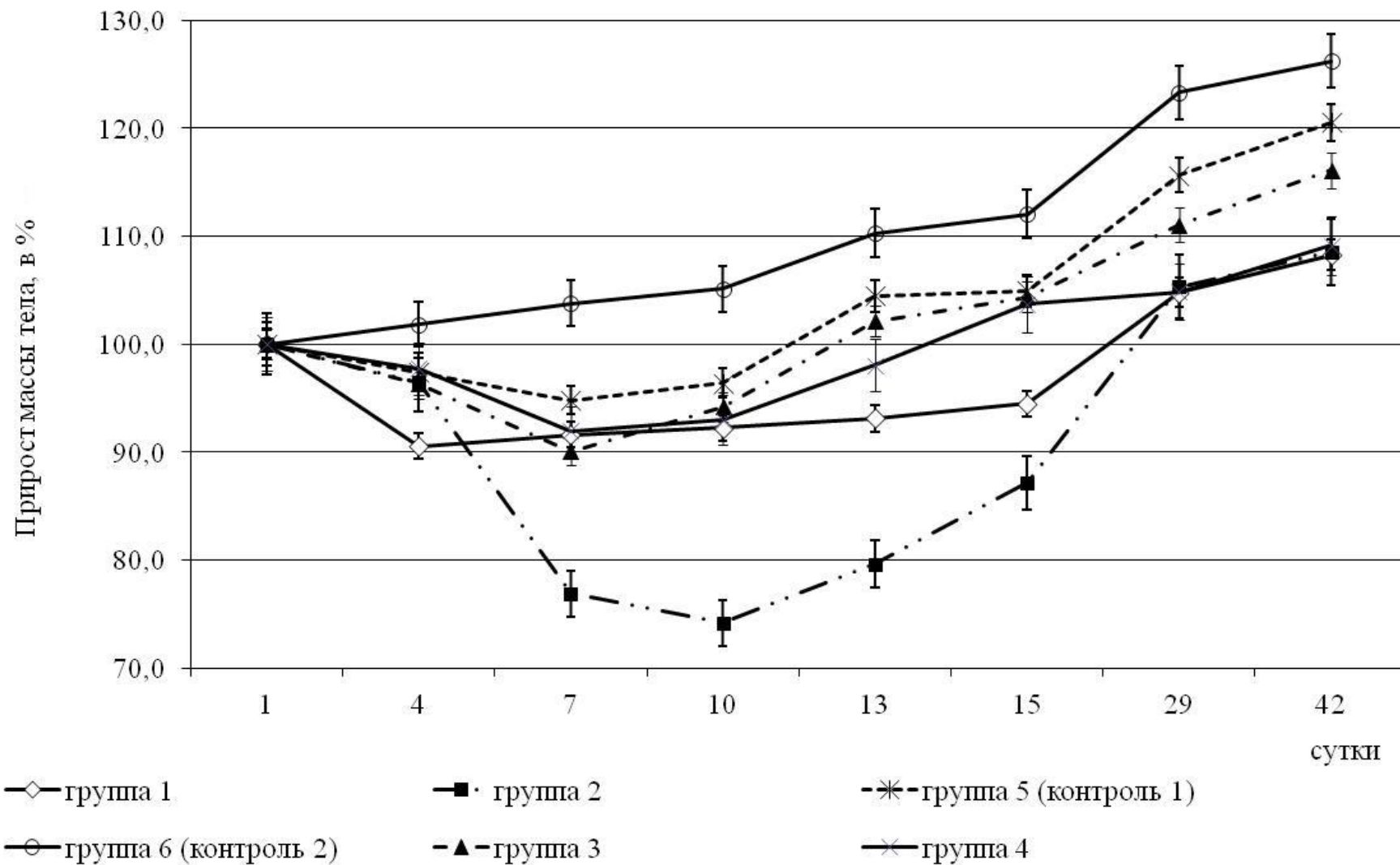
д) группа 5 – животные с изучаемым влиянием ОДВ на организм крыс в физиологических условиях (контроль 1), которые на протяжении всего эксперимента содержались в стандартных условиях и потребляли ОДВ;

е) группа 6 – интактные животные (контроль 2), которые на протяжении всего эксперимента содержались в стандартных условиях и потребляли минерализованную воду.

Концентрация дейтерия в плазме крови и тканях органов лабораторных животных, потреблявших ОДВ с $\delta D = -743\text{‰}$ и $\delta D = -37\text{‰}$

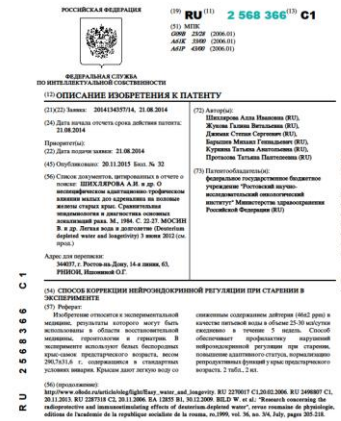


Изменение массы лабораторных животных в течение 42-х суток эксперимента (масса тела в каждой группе в 1-е сутки эксперимента принята за 100%, $M \pm m$).



Геропротекторный эффект:

Восстановление нейроэндокринной регуляции под влиянием DDW, очевидно, обусловило и появление визуально четко различимых признаков омоложения животных **группы 1**. Так, у самок, принимавших DDW, было отмечено изменение состояния шерстного покрова: замещение желтой остистой шерсти на белую, мягкую и блестящую (рис. 3), а также аметное повышение двигательной активности этих животных.

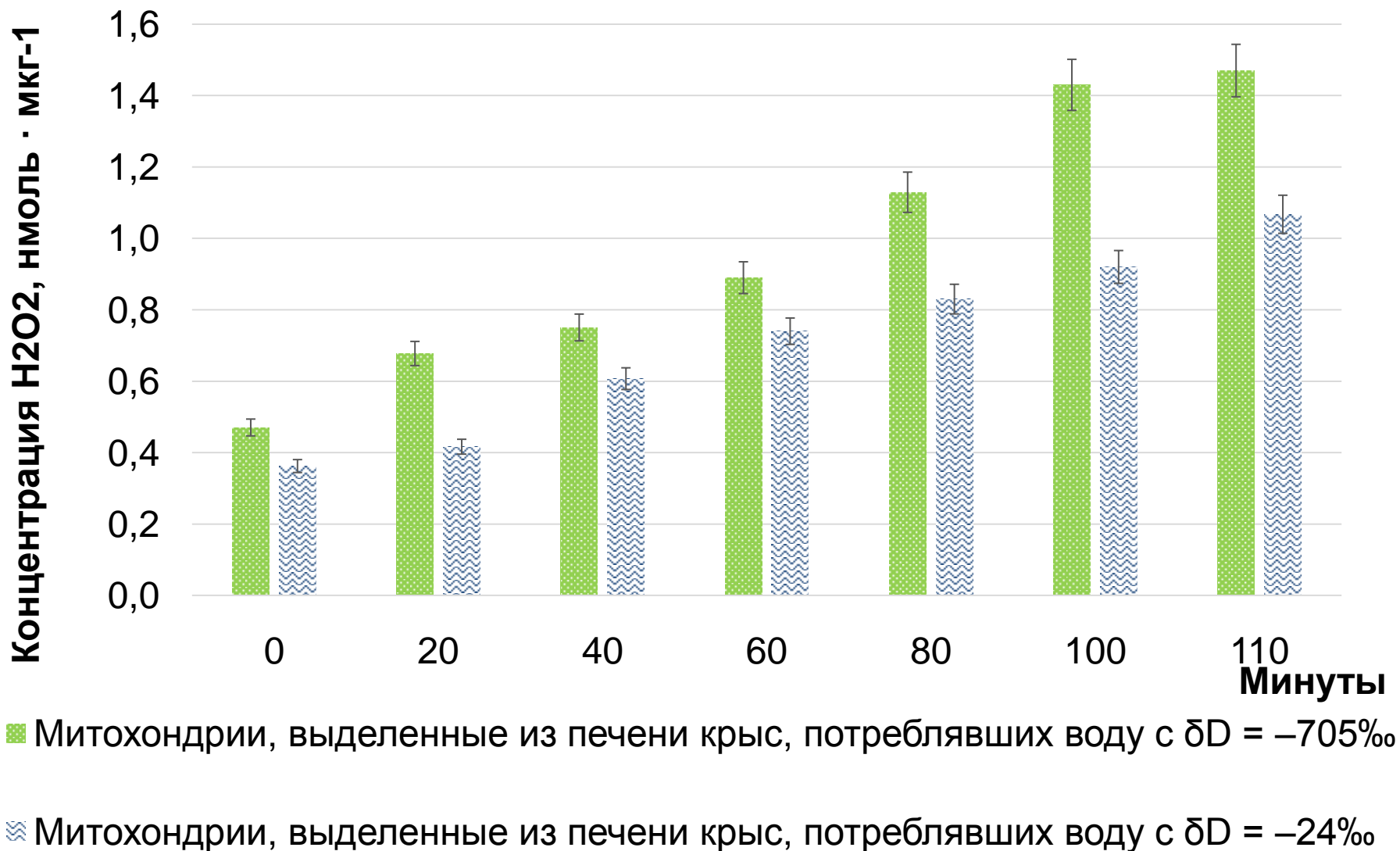


Группы животных		Продолжительность стадии полового цикла (часы)			
		P	O	M	D
Крысы-самки молодого возраста (n=10)		13.1±1.5	25.3±2.3	7.5±1.1	55.7±3.8
Крысы-самки предстарческого возраста	Группа 1 (n=13)	9.1±1.8 ²	13.8±2.7 ¹	16.5±2.4 ^{1,2}	51.2±5.4 ²
	Группа 2 (n=14)	4.1±0.7 ¹	15.0±2.4 ¹	25.5±3.8 ¹	91.1±7.0 ¹

Обозначения: P, O, M, D, - стадии полового цикла, соответственно, prooestrus, oestrus и meta oestrus, dioestrus; ≈P:O:M:D - соотношение фаз эстрального цикла (с округлением до целочисленных значений).

Примечание: ¹ – отличается от значений у животных молодого возраста, p<0,05; ² - отличается от значений у крыс-самок группы 2, p<0,05.

Изменение функциональной активности митохондрий, выделенных из клеток печени крыс, прошедших преадаптацию к сверхнизким концентрациям дейтерия



Влияние ОДВ на количество ОНР ДНК лимфоцитов

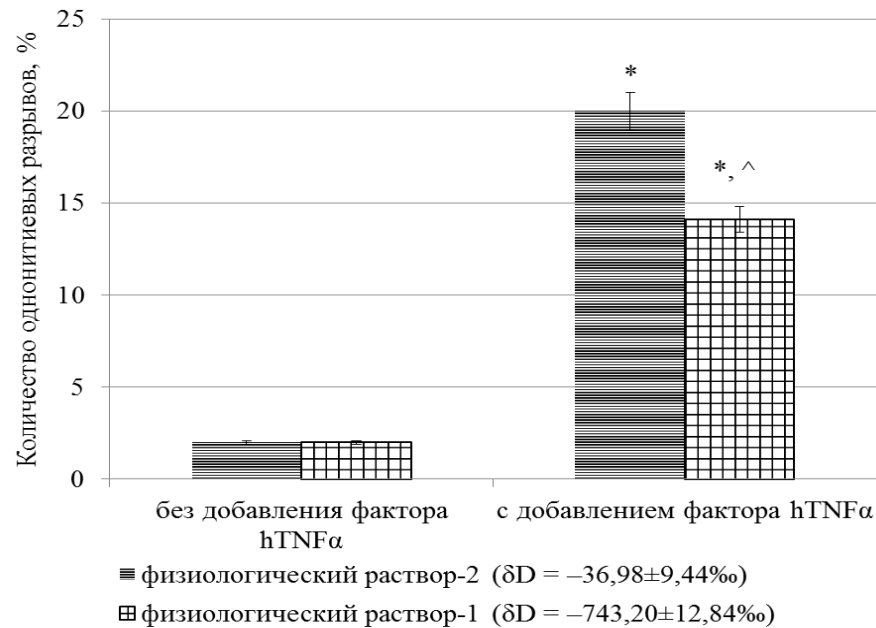
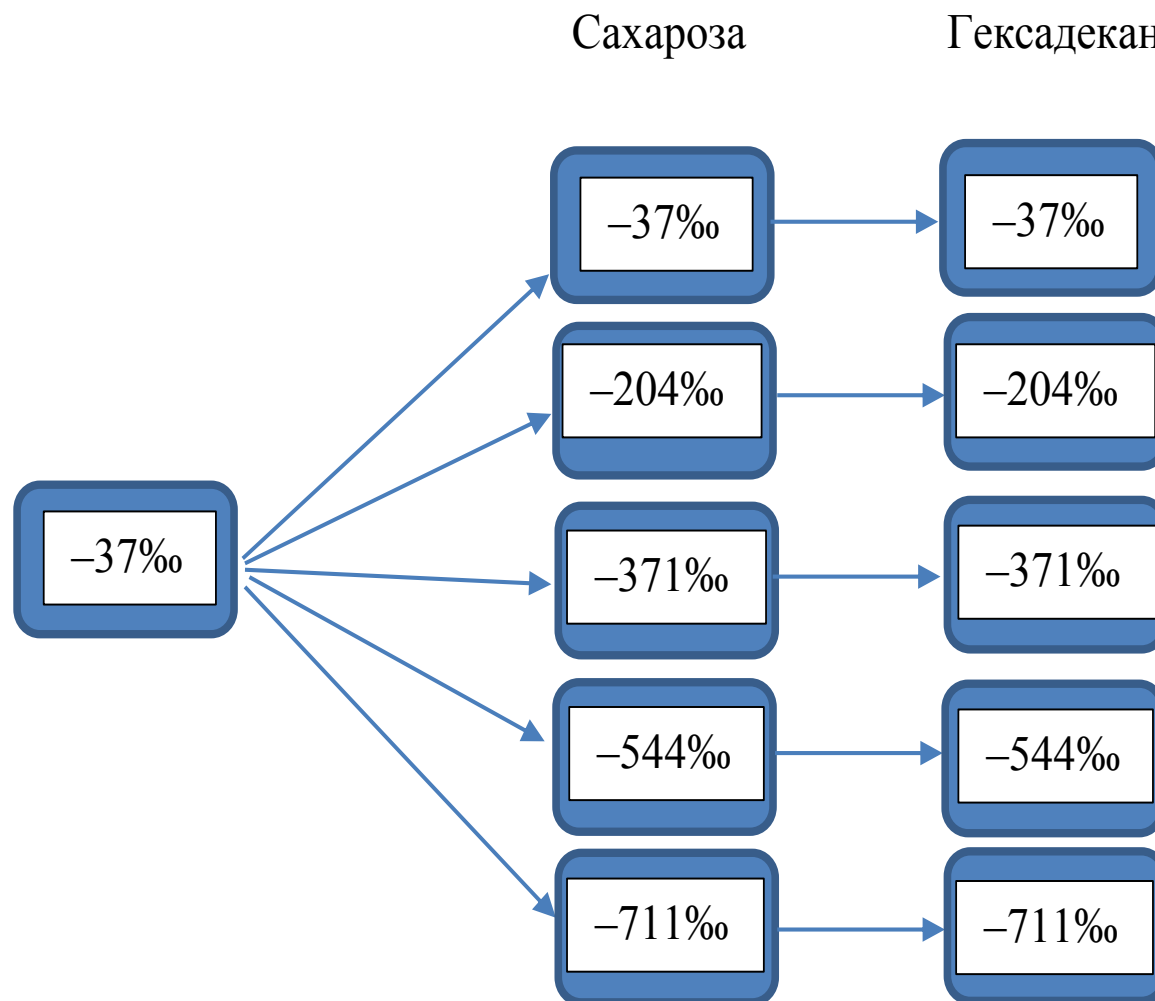


Рис. Влияние ОДВ на количество ОНР ДНК лимфоцитов в отсутствие и при добавлении в инкубационную среду hTNF α (концентрация 10 нг/мл).

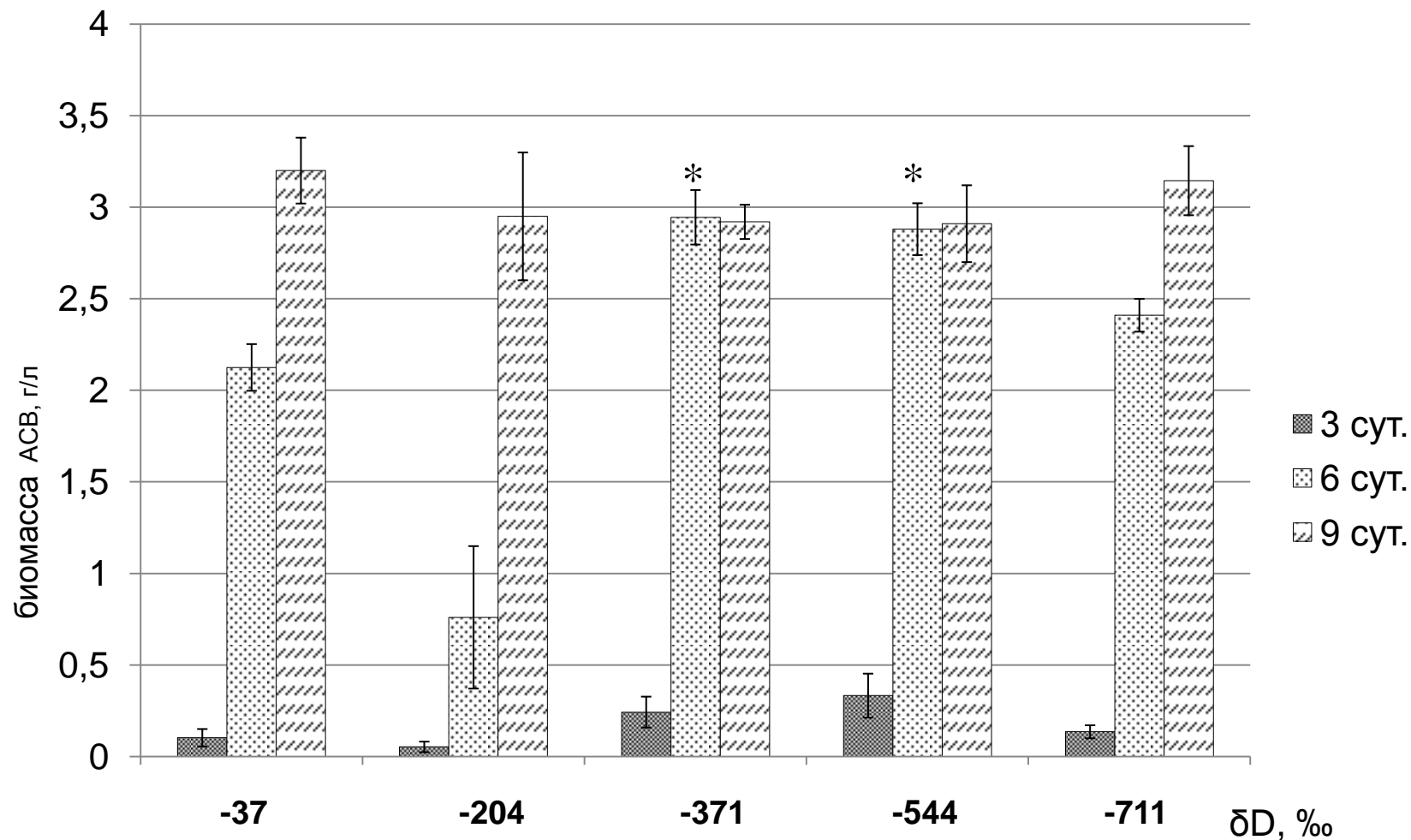
Влияние пониженной δD на лимфоциты указывает на ее способность повышать эффективность работы ДНК-репарирующих систем, проявляющуюся уменьшением количества ОНР ДНК (на 29,5%) при добавлении в среду инициатора апоптоза (hTNF α), и отсутствие подобного эффекта в естественных условиях.

Джимак С.С., Басов А.А., Барышев М.Г. Распределение нерадиоактивных изотопов водорода в биологических жидкостях и внутренних органах в естественных условиях и влияние воды с пониженным содержанием дейтерия на показатели изотопного (D/H) градиента и адаптационные возможности организма // ДАН. 2015. Том.465. № 2.

Схема пересевов *Rhodococcus erythropolis* на среды с различными соотношениями D/H и питательными субстратами

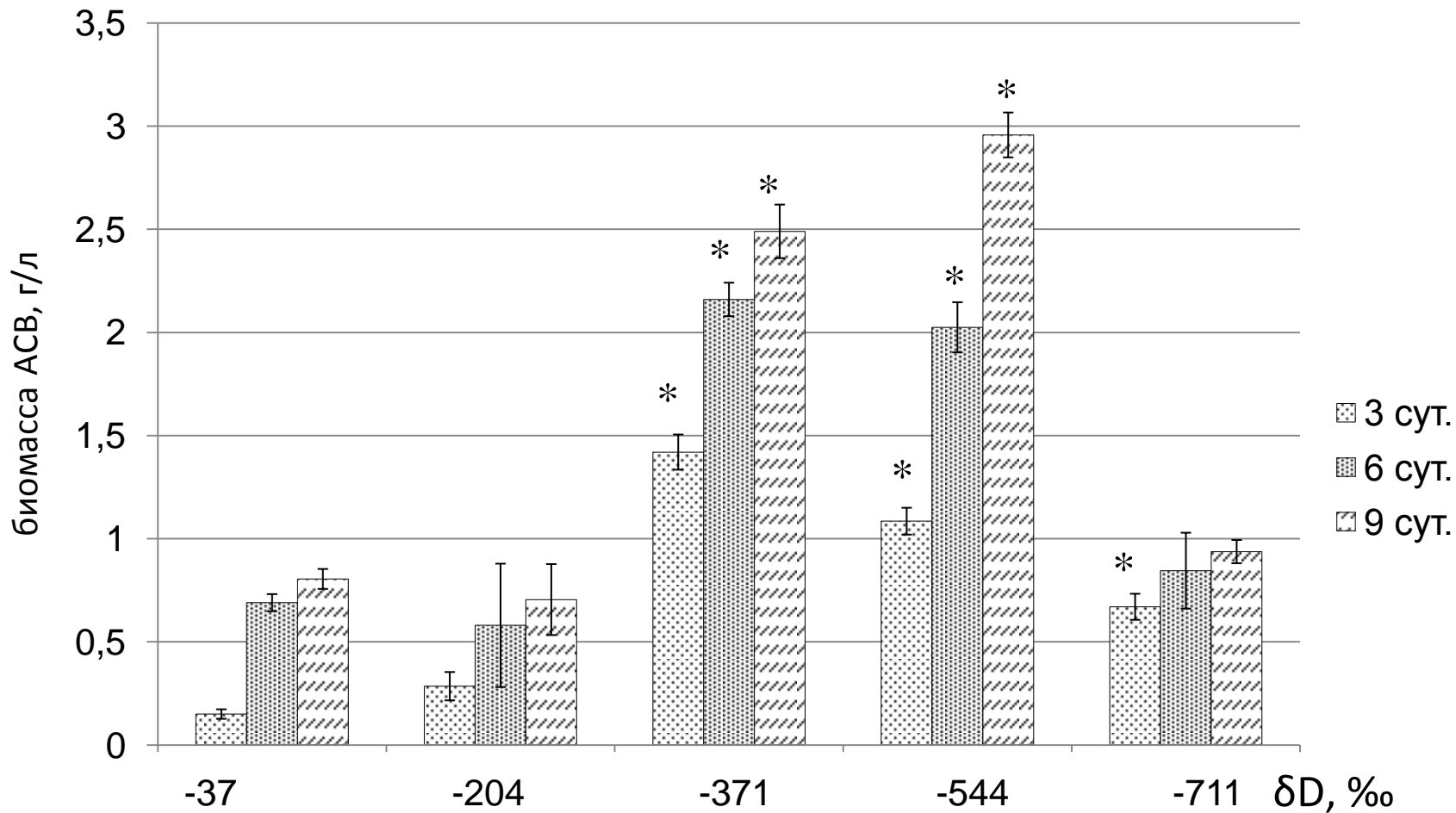


Продукция биомассы *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017Д на сахарозе в зависимости от соотношения D/H в воде жидкой минеральной среды



* – $p < 0,05$ в сравнении с показателями на контрольной среде -37‰ .

Продукция биомассы *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017Д на гексадекане в зависимости от соотношения D/H в воде жидкой минеральной среды



* – $p < 0,05$ в сравнении с показателями на контрольной среде $\delta D = -37$ ‰.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ