

УДК 613.6.02-092.9:621.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА И ОТДЫХА
СПЕЦИАЛИСТОВ, РАБОТАЮЩИХ В ЗОНЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

И.А. Абдумаликова, А.С. Шаназаров, М.В. Балыкин, Ю.Х.-М. Шидаков

Проведено исследование газовой среды в зоне коронного разряда, нарушающей физико-химический и кислотно-основной гомеостаз крови. Отмечено, что она снижает коэффициент полезности физиологических процессов и истощает функциональные резервы организма.

Ключевые слова: горы; коронный разряд; высоковольтные линии электропередач.

EXPERIMENTAL CONDITIONS FOR STANDARDIZATION OF LABOUR AND REST OF SPECIALISTS
WORKING IN THE AREA OF CORONA DISCHARGE OF HIGH VOLTAGE POWER LINES

I.A. Abdumalikova, A.S. Shanazarov, M.V. Balykin, Yu.Ch.-M. Shidakov

The gas air environment in the corona discharge zone violates the physical and chemical and acid-base homeostasis of blood is conducted. It is noted that she reduces the efficiency of physiological processes and depletes the functional reserves of the organism.

Keywords: mountains; corona discharge; high-voltage power lines.

Актуальность. Обеспечение энергетической безопасности Кыргызстана сопряжено со строительством гидроэлектростанций (ГЭС), линий электропередач высокого и ультравысокого напряжения, их профилактикой и ремонтом в суровых условиях высокогорья, предъявляющих повышенные требования к организму специалистов энергетической отрасли [1, 2]. Необходимость бесперебойного экспорта электроэнергии и снабжения ею производств с круглосуточным циклом работы требует ремонт и профилактику высоковольтных линий электропередач (ВЛЭП) проводить под напряжением. В этих условиях специалисты энергетической отрасли подвергаются сочетанному воздействию высотной гипоксической гипоксии, электромагнитных волн и измененной газовой среды в зоне коронного разряда (КР) ВЛЭП, усиленного из-за низкой плотности воздуха в горах [3], поэтому отбор контингента энергетиков для работы в зоне коронного разряда ВЛЭП в горах, нормирование труда, отдыха, тарификация заработной платы, профилактика профессиональной патологии представляют собой актуальную медицинскую и социальную проблему, а также приоритетное научное направление физиологии труда [3].

Учитывая актуальность проблемы, в свое время были начаты фундаментальные комплексные исследования под руководством Ю.Х.-М. Шидакова, но остановлены из-за прекращения финансирования. Результаты исследования нашли отражение в единичных публикациях наших сотрудников [4], где вопросы энтропии, полезность процессов изменения физиологических процессов, состояния физиологических резервов организма не рассматривались и отражены в настоящей работе. Других публикаций по данной работе нет.

Целью настоящего сообщения является изложение результатов исследования энтропии, полезности изменения и состояния функциональных резервов физико-химического гомеостаза крыс, перенесших действие КР ВЛЭП в предгорье.

Материал и методы. Работа выполнена на белых лабораторных крысах-самцах весом 170–210 г с соблюдением “Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях”. Животные в мелкочастистых, экранирующих электромагнитное поле, металлических клетках помещались рядом с коронирующим разрядом. Коронный разряд моделировался

Таблица 1 – Газовый состав и кислотно-основное состояние артериальной крови в норме и после действия КР ВЛЭП

Показатели	Сроки эксперимента					
	1 день		3 дня		5 дней	
	Время действия КР ВЛЭП, час					
	контроль	8 часов	контроль	8 часов	контроль	8 часов
PaO ₂ , мм рт. ст.	94,6 ± 1,9	79,0 ± 3,1	94,5 ± 2,2	73,3 ± 2,9	89,3 ± 2,5	76,0 ± 3,8
Hb ммоль/л	139 ± 6,0	155 ± 8,5	140,2 ± 10,5	147,7 ± 10,5	145,7 ± 13,1	152,2 ± 8,7
SaO ₂ об%	96,25 ± 0,1	92,5 ± 0,7	96,7 ± 0,3	92,2 ± 0,4	89,5 ± 0,3	93,8 ± 0,4
CaO ₂ , мм рт. ст.	17,9 ± 0,3	16,7 ± 0,8	18,3 ± 1,9	16,5 ± 1,3	18,8 ± 1,3	16,3 ± 0,9
2,3-ДФГ, моль/мл эр	6,01 ± 0,1	6,89 ± 0,1	6,8 ± 0,3	6,9 ± 0,2	6,7 ± 0,1	6,5 ± 0,2
pHa усл. ед.	7,40 ± 0,01	7,33 ± 0,01	7,45 ± 0,02	7,31 ± 0,01	7,44 ± 0,01	7,33 ± 0,01
BVa, мэкв/л	43,2 ± 0,8	35,7 ± 1,2	38,9 ± 1,8	34,5 ± 1,2	38,2 ± 1,3	35,2 ± 1,3
BEa, мэкв/л	1,5 ± 0,1	6,2 ± 0,3	3,0 ± 0,1	6,3 ± 0,4	3,0 ± 0,1	6,5 ± 0,5
ABa, мэкв/л	21,1 ± 0,9	16,7 ± 1,3	19,5 ± 1,0	15,9 ± 1,6	19,2 ± 1,4	16,0 ± 1,3
SBa, мэкв/л	21,0 ± 1,2	16,2 ± 1,8	18,9 ± 1,2	15,2 ± 2,1	19,3 ± 2,1	15,7 ± 1,3
PaCO ₂ , мм рт. ст.	39,0 ± 1,4	41,5 ± 1,3	35,5 ± 1,3	47,2 ± 2,3	40,3 ± 3,1	45,8 ± 1,1

Таблица 2 – Скорость изменения физиологических показателей в разные сроки эксперимента

Показатели	Скорость изменения физиологических показателей по часам в течение “рабочего дня”			Скорость изменения физиологических показателей в разные сроки “рабочей недели”	
	1 день, V/час	3 день, V/час	5 день, V/час	за 2 дня, V/день	за 4 дня, V/день
	PaO ₂ , мм рт. ст.	1,93	2,60	1,66	0,05
Hb, ммоль/л	2,06	0,90	0,81	0,60	1,67
SaO ₂ , об%	0,30	0,36	0,13	0,10	0,22
CaO ₂ , мм рт. ст.	0,15	0,23	0,31	0,20	0,22
2,3-ДФГ, ммоль/мл эр	0,11	0,00015	0,03	0,39	0,17
pHa, усл. ед.	0,009	0,0017	0,019	0,025	0,01
BVa, мэкв/л	0,94	0,55	0,38	2,15	1,25
BEa, мэкв/л	0,58	0,41	0,44	0,75	0,37
ABa, мэкв/л	0,55	0,45	0,40	0,80	0,47
SBa, мэкв/л	0,60	0,46	0,43	1,05	0,42
PaCO ₂ , мм рт. ст.	0,31	1,46	0,69	1,75	0,33

на электросиловой установке с коэффициентом коронирования на проводе $E_k = E/E_0 = 15$, где E_k – коэффициент коронирования; E – напряжение на проводе = 500 кВ, E_0 – начальное напряжение, соответствующее появлению короны. Крысы подвергались действию коронного разряда в течение 5 дней (модель рабочей недели) по 8 часов (модель рабочего дня) в день.

В пробах воздуха, взятых из клеток с крысами, определяли содержание NO, NO₂, HCN, SO₂, легких (n⁺, n⁻) и тяжелых (N⁺, N⁻) аэроионов [4]. Первый, третий и пятый дни эксперимента проводился забор крови из хвостовой артерии для изучения газового гомеостаза и кислотно-основного состояния по методу Аструпа. Определялись напряжение кислорода (P_aO₂) и углекислого газа (P_aCO₂), насыщение кислородом (S_aO₂), содержание кислорода C_aO₂ (кон-

центрация водородных ионов (pH_a) артериальной крови, а также буферные основания (BV_a), сдвиг буферных оснований (BE_a), истинный бикарбонат (AB_a), стандартный бикарбонат (SB_a) с помощью номограммы Siggard-Andersen и Engel [5]. Содержание гемоглобина (Hb) определялось гемоглобинцианидным методом, 2,3 – ДФГ – неферментативным методом [6]. Полученные данные обработаны по критерию Стьюдента и сведены в таблицу 1.

На основании этих данных рассчитывали: скорость физиологического процесса (V) и коэффициент полезности процесса (КПП), нормальный (НФР), истинный функциональный резерв (ИФР) физиологических показателей, а также отношение × 100.

Результаты. После 8-часовой экспозиции животных в зоне КР ВЛЭП независимо от длитель-

Таблица 3 – Коэффициент полезности физиологических показателей в разные сроки эксперимента

Показатели	Коэффициент полезности физиологических показателей в разные часы эксперимента			Коэффициент полезности физиологических показателей в разные дни эксперимента	
	1 день, V/час	3 день, V/час	5 день, V/час	за 2 дня, V/день	за 4 дня, V/день
PaO ₂ , мм рт. ст.	-0,19746	-0,28922	-0,24472	-0,000106	-0,05935
Hb, ммоль/л	0,10322	0,050778	0,04270	0,00856	0,04598
SaO ₂ , об%	-0,04324	-0,040663	-0,022878	0,00207	0,0941
CaO ₂ , мм рт. ст.	-0,07185	0,08484	0,08915	0,02186	0,04787
2,3-ДФГ, моль/мл эр	0,12772	0,12898	0,075384	0,11617	0,10298
pHa, усл. ед.	-0,00954	-0,01231	-0,00955	0,00067	0,00537
ВВа, мэкв/л	-0,21008	-0,25217	-0,22727	-0,11054	-0,13074
ВЕа, мэкв/л	0,75806	0,76190	0,69230	0,5	0,5
АВа, мэкв/л	-0,26347	-0,3274	-0,31875	-0,08205	-0,09895
SBa, мэкв/л	-0,29629	-0,38157	-0,33738	-0,11111	-0,08854
PaCO ₂ , мм рт. ст.	0,06024	0,17372	0,14847	-0,98591	0,03226

Таблица 4 – Функциональные резервы физико-химических показателей крови

Показатели	НФР	ИФР			
		длительность вахты		ИФР/НФР × 100	
		3 дня	5 дней	3 дня	5 дней
PaO ₂ , мм рт. ст.	0,84	0,72	0,77	85,7	93,2
Hb, ммоль/л	1,12	2,44	1,07	2,17	95,9
SaO ₂ , об%	0,96	0,95	0,98	98,9	102,8
CaO ₂ , мм.рт.ст.	0,93	0,91	0,88	97,8	95,5
2,3-ДФГ, моль/мл эр	1,15	1,15	1,02	100	93,7
pHa, усл. ед.	0,99	0,98	0,98	98,9	98
ВВа, мэкв/л	0,82	0,77	0,80	93,9	97,3
ВЕа, мэкв/л	4,13	4,27	4,34	103,4	109,9
АВа, мэкв/л	0,79	0,72	0,72	91,1	91,1
SBa, мэкв/л	0,77	0,68	0,72	88,3	93,5
PaCO ₂ , мм рт. ст.	1,06	1,37	1,29	129,2	121,6

ности “вахты” отмечается достоверное снижение P_aO₂, S_aO₂, pH_a, ВВ_a, АВ_a, SB_a, тенденция к снижению С_aO₂, нарастание P_aCO₂ и тенденция к нарастанию Hb, 2,3-ДФГ (см. таблицу 1).

Скорость изменения физиологических показателей в течение дня в разные сроки “вахты” меняется без определенной закономерности (таблица 2).

Результаты. После 8-часовой экспозиции животных в зоне КР ВЛЭП, независимо от длительности “вахты”, отмечается достоверное снижение P_aO₂, S_aO₂, pH_a, ВВ_a, АВ_a, SB_a, тенденция к снижению С_aO₂, нарастание P_aCO₂ и тенденция к нарастанию Hb, 2,3-ДФГ (см. таблицу 1).

Так, величина V Hb, ВВ_a, АВ_a, SB_a уменьшается по мере удлинения сроков вахты, показатели V P_aO₂ и S_aO₂ достигают наибольшего значения при трехдневной, наименьшей – при пятиднев-

ной и средних – при однодневной вахте; значения V 2,3-ДФГ, ВЕ_a при пятидневной вахте не достигают данных при однодневной и превышают данные при трехдневной вахтах; V С_aO₂ с удлинением срока вахты нарастает, V P_aCO₂ наиболее высокое при трехдневной вахте, низкое – при однодневной и среднее – при пятидневной вахте.

Скорость изменения физиологических параметров в течение вахты характеризуется тем, что показатели газового гомеостаза (P_aO₂, Hb, S_aO₂, С_aO₂) при трехдневной вахте не достигают, а кислотно-основного состояния (pH_a, ВЕ_a, SB_a) – превышают данные, полученные при пятидневной вахте (таблица 3). Исключение составляют увеличение V 2,3-ДФГ и P_aO₂, уменьшение – V ВВ_a и АВ_a при трехдневной вахте, по сравнению с данными при пятидневной вахте (см. таблицу 2).

Коэффициент полезности изменений физиологических процессов в течение рабочего дня в разные сроки вахты отражены в таблице 3.

Коэффициент полезности процесса изменений P_aO_2 , S_aO_2 , C_aO_2 , pH_a , BB_a , AB_a , SB_a при 8-часовом воздействии КР ВЛЭП вечером отрицателен, а Hb , 2,3-ДФГ, BE_a , P_aCO_2 – положителен независимо от длительности вахты (см. таблицу 3).

Коэффициент полезности процесса изменений Hb , S_aO_2 , C_aO_2 , 2,3-ДФГ, BE_a , pH_a утром имеет положительное, а P_aO_2 , BB_a , AB_a , SB_a – отрицательное значение во все сроки вахты, $V P_aCO_2$ при трехдневной вахте отрицательный, при пятидневной – положительный (см. таблицу 3).

Данные таблицы 3 свидетельствует, что коэффициент полезности процесса изменений P_aO_2 , BB_a , AB_a , SB_a отрицателен, Hb , 2,3-ДФГ, BE_a , P_aCO_2 – положителен в обоих случаях, S_aO_2 , C_aO_2 , pH_a в первом случае отрицателен, во втором – положителен.

Истинные функциональные резервы (ИФР) BE_a и P_aCO_2 на третий и пятый, Hb – на третий, S_aO_2 – на пятый день вахты превышают, а других показателей физико-химического гомеостаза (P_aO_2 , pH_a , BB_a , AB_a , SB_a) не достигают ИФР, 2,3-ДФГ на третий день не отличается, на пятый – уменьшается по сравнению с ИФР.

В итоге отношение истинного функционального резерва BE_a и P_aCO_2 к нормальному на 3-й и 5-й дни, Hb и, 3-ДФГ на 3-й день равно или больше, а остальные показатели меньше 100 %.

Таким образом, истинные функциональные резервы физико-химического гомеостаза крыс, подвергшихся в течение трех и пяти дней действию КР ВЛЭП снижаются, по сравнению с данными контрольных животных.

Обсуждение. P_aO_2 , равное в норме $94,6 \pm 1,9$ мм рт. ст., при однодневной 8-часовой экспозиции животных в зоне КР ВЛЭП снижается до $79,0 \pm 3,1$ мм рт. ст., т. е. на 6,49 % ($P < 0,05$). После 16-часового восстановительного периода животные были вторично подвергнуты 8-часовой экспозиции КР ВЛЭП, затем был выдержан повторный 16-часовой восстановительный период. На третий день утром P_aO_2 составило $94,5 \pm 2,2$ мм рт. ст. (контроль₂), иначе говоря, восстановилось до исходного уровня (контроль₁). Восьмичасовая экспозиция КР ВЛЭП вызвала падение P_aO_2 до $73,7 \pm 2,9$ мм рт. ст., т. е. на 22 %. На четвертый день утром P_aO_2 составило $89,3 \pm 2,5$ мм рт. ст. (контроль₃), что на 5,3 и 5,2 мм рт. ст. меньше контроля_{1 и 2}. Восьмичасовая экспозиция КР ВЛЭП на этом фоне вызвала снижение P_aO_2 до $76,0 \pm 3,8$ мм рт. ст., что достоверно меньше 1, 2 и 3 контрольных данных ($P < 0,05$).

Таким образом, снижение P_aO_2 (в первый день эксперимента) вследствие восьмичасовой экспозиции КР ВЛЭП, после 16-часового восстановительного периода возвращается к исходному уровню, тогда как в последующие дни этого не наблюдается. Следовательно, в организме происходит кумуляция действия КР ВЛЭП либо веществ газовой среды вокруг коронирующего разряда. Об этом свидетельствует снижение антиэнтропийной и прогемеостатической направленности ремоделирования P_aO_2 , выразившихся нарастанием скорости изменения его по мере удлинения длительности рабочего дня и недели (см. таблицу 2), а также отрицательный коэффициент полезности реакции P_aO_2 на действие КР ВЛЭП с одновременным снижением истинного функционального резерва (см. таблицу 3).

Иначе обстоит дело с изменением Hb под действием КР ВЛЭП. Прежде всего, уровень Hb крови в первый день в конце, третий и пятый день в начале (контроль_{2,3}) и в конце эксперимента превышает исходную (контроль₁) величину (см. таблицу 1). Скорость изменения в конце 8-часового действия КР ВЛЭП от первого к пятому дню постепенно уменьшается, что свидетельствует об антиэнтропийной и прогемеостатической направленности процесса (см. таблицу 2). Однако скорость изменения контрольных величин нарастает (см. таблицу 2), что связано с проэнтропийной и антигемеостатической направленностью процесса. Иными словами, энтропия к концу восьмичасовой экспозиции КР ВЛЭП с удлинением рабочей недели снижается, тогда как по отношению к контрольным данным – возрастает (см. таблицу 2). Это подтверждается данными коэффициента полезности процесса изменений Hb в течение дня и недели (см. таблицу 3), а также состоянием истинных функциональных резервов.

S_aO_2 под влиянием восьмичасовой экспозиции КР ВЛЭП снижается, по сравнению с 1-, 2-, 3-контрольными данными и в течение 16-часового восстановительного периода возвращается к исходным показателям (см. таблицу 1). Поэтому скорость снижения S_aO_2 в течение 8-часового действия КР ВЛЭП выше, чем скорость восстановления в течение 16 часов (см. таблицу 2). Поэтому коэффициент полезности процесса в течение 8-часового действия КР ВЛЭП отрицателен (см. таблицу 3), а контрольных значений – положителен (см. таблицу 3), а его истинный функциональный резерв не достигает нормальной величины (таблица 4).

Несмотря на то, что CaO_2 под действием КР ВЛЭП достоверно не снижается (см. таблицу 1), скорость его изменения в течение дня свидетельствует об усилении энтропии в конце недели

(см. таблицу 2), а коэффициент полезности процесса в течение дня имеет отрицательный, а недели – положительный знак (см. таблицу 3). В итоге истинные функциональные резервы CaO_2 не достигают нормальной величины.

Величина 2,3-ДФГ в первый и третий дни эксперимента под действием КР ВЛЭП имеет тенденцию к увеличению на пятый – к снижению по сравнению с данными контроля в день опыта. В целом по мере удлинения срока эксперимента величина 2,3-ДФГ нарастает (см. таблицу 1). Однако скорость изменения его в течение дня не имеет определенной закономерности (см. таблицу 2). В то же время к концу эксперимента она снижается (см. таблицу 2), что связано с повышением прогормональной направленности ремоделирования 2,3-ДФГ. Коэффициент полезности процесса по дням недели и по часам положительный, т. е. имеет компенсаторный характер (см. таблицу 3). Истинный функциональный резерв 2,3-ДФГ на третий день эксперимента не отличается, на пятый – не достигает нормального функционального резерва (см. таблицу 4).

У здоровых интактных крыс (контроль₁) PaCO_2 равно $39,0 \pm 1,4$ мм рт. ст., а $\text{pH}_a - 7,40 \pm 0,01$ усл. ед. которые после восьмичасового действия КР ВЛЭП равны $41,5 \pm 1,3$ мм рт. ст. и $7,33 \pm 0,01$ усл. ед., что соответствует проявлениям тенденции газового ацидоза, и эта тенденция сохраняется в последующие сроки эксперимента (см. таблицу 1). Скорости изменения pH_a и PaCO_2 в течение дня и недели эксперимента имеют аналогичную направленность: наименьшие в первый день эксперимента, наибольшие – на пятый (см. таблицу 2). Коэффициент полезности изменений pH_a имеет отрицательный, а PaCO_2 – положительный знак (см. таблицу 3). Поэтому истинный функциональный резерв pH_a ниже, а PaCO_2 – выше, чем нормальные функциональные резервы (см. таблицу 4).

Буферные основания крови (BV_a) у интактных крыс равны $43,2 \pm 0,8$ мэкв/л, а после восьмичасового действия КР ВЛЭП в первый день эксперимента снижаются до $35,7 \pm 1,2$ мэкв/л, на третий день эксперимента – $38,9 \pm 1,8$ и $35,7 \pm 1,2$ мэкв/л, на пятый – с $38,2 \pm 1,3$ до $35,2 \pm 1,3$ мэкв/л. Иначе говоря, в эксперименте BV_a изо дня в день снижается (см. таблицу 1). Одновременно замедляется скорость изменения BV_a (см. таблицу 2), что направлено на сохранение существующего гомеостаза КОС и имеет компенсаторно-приспособительное значение. Однако коэффициент полезности этих изменений отрицательный (см. таблицу 3), что согласуется с состоянием истинного функционального резерва BV_a (см. таблицу 4).

BV_a тратится на поддержание КОС, что приводит к дефициту буферных оснований (BE_a) во все сроки эксперимента (см. таблицу 1). Однако постепенное снижение скорости изменения (см. таблицу 2), положительный коэффициент полезности изменений (см. таблицу 3) и высокий истинный функциональный резерв (см. таблицу 4) подчеркивают антиэнтропийную и адаптивную направленность ремоделирования BE_a .

Величина истинного бикарбоната (AB_a) снижаются во все сроки эксперимента (см. таблицу 1) в сочетании с низкой скоростью изменения (см. таблицу 2), что имеет антиэнтропийный характер. Однако отрицательный коэффициент полезности процесса в сочетании с недостаточными функциональными резервами (см. таблицу 4) могут привести к срыву компенсаторных возможностей BV_a . Динамика стандартного бикарбоната (SB_a) аналогична динамике BV_a (см. таблицы 1–4).

Выводы

1. Нахождение в зоне коронного разряда высоковольтных линий электропередач отрицательно действует на физико-химический гомеостаз организма.

2. Под действием факторов коронного разряда высоковольтных линий электропередач снижаются функциональные резервы физико-химического гомеостаза.

3. Полученные экспериментальные данные могут быть учтены при отборе контингента, нормировании труда, отдыха, профилактики профпатологии специалистов энергетической отрасли, работающих в зоне коронного разряда высоковольтных линий электропередач.

Литература

1. Дикамбаев Ш.Б. Влияние пониженной плотности воздуха горных регионов на потери электроэнергии в линиях электропередачи сверхвысокого и ультравысокого напряжения // Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке / Ш.Б. Дикамбаев. Бишкек, 1996. С. 164–165.
2. Гоккенбах Э. Передача электрической энергии в высокогорных районах // Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке. / Э. Гоккенбах. Бишкек, 1996. С. 163.
3. Шидаков Ю.Х.-М. О ремоделировании микроциркуляции под действием коронного разряда высоковольтной линии электропередач в условиях высокогорья / Ю.Х.-М. Шидаков, Н.В. Тимушкина, Л.В. Козачук, И.А. Абдумаликова // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 11. С. 188–193.
4. Козачук Л.В. Состояние кардиореспираторной системы и физико-химического гомеостаза кро-

ви человека при работе в зоне коронного разряда ЛЭП на разных горных высотах / Л.В. Козачук, И.А. Абдумаликова, М.В. Балыкин // Экопрофилактика, оздоровительные и спортивно-тренировочные технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 1–3 октября 2015, г. Балашов. Балашов, 2015. С. 55–59.

5. *Siggard-Andersen O.* Definitions of acid-base quantities: terminology, symbols and siunits // V.S. Der. Com. Nat. Bur. Stand. Spec. Pull. 1977. 420, № 1. P. 1–9.
6. *Виноградов И.Л.* Метод одновременного определения 2,3-ДФГ и АТФ в эритроцитах / И.Л. Виноградов, С.Ю. Багрянцева, Г.В. Дервиз // Лаб. дело. 1980. № 7. С. 426–427.