

ISSN 1561-8358 (Print)

ISSN 2524-244X (Online)

УДК 621.039.001.5

<https://doi.org/10.29235/1561-8358-2019-64-4-485-490>

Поступила в редакцию 07.12.2018

Received 07.12.2018

**В. И. Орловская, А. Г. Трифонов***Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны Национальной академии наук  
Беларуси, Минск, Беларусь***ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ПЕРСОНАЛ АЭС-2006  
ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЯХ С УЧЕТОМ ТИПОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ  
ПРОМПЛОЩАДКИ**

**Аннотация.** Приводятся результаты оценки радиационного воздействия выбросов радиоактивных веществ на персонал атомной электрической станции в случае запроектной аварии (за первые 4 ч), а именно рассмотрен аварийный выброс через неплотности двойной защитной оболочки с учетом байпаса контаймента. Для определения дозовых нагрузок на персонал станции проведены расчеты распределения относительной концентрации радиоактивных аэрозолей по зонам удаления от источника выброса с учетом инфраструктуры промплощадки. Расчеты проведены с использованием программного модуля, созданного в среде разработки компьютерных программ COMSOL 3.5a. На основании полученных значений рассчитаны средние объемные активности радионуклидов в приземном слое воздуха, суммарная ингаляционная доза, эффективная доза внешнего облучения, эквивалентная и эффективная дозы на щитовидную железу, общая эффективная доза облучения персонала атомной станции для выбранной запроектной аварии. Прогнозная оценка дозовых нагрузок на персонал АЭС от радиоактивного облака и внутреннего облучения за счет ингаляции выполнялась для таких дозообразующих радионуклидов, как  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ . Полученная величина общей эффективной дозы облучения персонала за первые 4 ч после начала запроектной аварии составляет 61,98 мЗв, что несколько выше порогового значения предела допустимой годовой дозы для персонала в аварийных ситуациях (50 мЗв). Однако, принимая во внимание тот факт, что основной вклад в аварийную дозу облучения будут вносить короткоживущие изотопы йода (суммарная эффективная доза от ингаляции для  $^{131}\text{I}$  и  $^{133}\text{I}$  составляет 50,23 мЗв, из которой доза на щитовидную железу 27,23 мЗв), можно предположить, что использование таких защитных мероприятий, как блокирование щитовидной железы и защита органов дыхания, могут существенно уменьшить полученные персоналом дозы.

**Ключевые слова:** дозовые нагрузки, запроектная авария, объемная активность, эффективная доза, ингаляционная доза, щитовидная железа

**Для цитирования:** Орловская, В. И. Прогнозная оценка дозовых нагрузок на персонал АЭС-2006 при запроектных авариях с учетом типовой инфраструктуры промплощадки / В. И. Орловская, А. Г. Трифонов // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 485–490. <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2019-64-4-485-490>

**V. I. Orlovskaya, A. G. Trifonov***Joint Institute for Power and Nuclear Research – Sosny of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus***DOSE ASSESSMENT FOR NPP STAFF FOR BEYOND DESIGN BASIS ACCIDENT TAKING INTO ACCOUNT  
TYPICAL SITE INFRASTRUCTURE**

**Abstract.** Assessment of radiation effect on nuclear power plant staff was made for beyond design basis accident (4 hours period). The considered accident scenario includes emergency radionuclide emission through containment bypass. Assessment of radiation effect on NPP staff was done on the basis of radionuclide concentration distribution on site considering typical infrastructure. Concentration mapping was calculated by developed program module for COMSOL 3.5a application. The obtained data included average volume radionuclide activities in lower air layer, total inhalation dose, effective dose of external exposure, equivalent and effective dose in thyroid and total effective dose for NPP staff during beyond design basis accident. Doses from radioactive cloud (external exposure) and from inhalation (internal exposure) were estimated for the following radionuclides:  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ . In the case of selected beyond design basis accident the total effective dose of staff is 61,98 mSv for the first 4 hours after the accident beginning. This number is slightly above the threshold of the allowable annual dose limit for personnel in emergency situations (50 mSv). Taking into account that short-lived iodine radionuclides  $^{131}\text{I}$  и  $^{133}\text{I}$  give the main contribution in the dose (50.23 mSv including 27.23 mSv for thyroid), such emergency actions as respiratory protection and iodine prophylaxis for the staff can significantly decrease the received doses.

**Keywords:** dose, beyond design basis accident, volume activity, effective dose, inhalation dose, thyroid

**For citation:** Orlovskaya V. I., Trifonov A. G. Dose assessment for NPP staff for beyond design basis accident taking into account typical site infrastructure. *Vestsi Natsyyanal' nai akademii navuk Belarusi. Seryya fizika-technichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series*, 2019, vol. 64, no. 4, pp. 485–490 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2019-64-4-485-490>

**Введение.** В основополагающих принципах радиационной безопасности отмечено, что меры аварийной готовности и реагирования включают заблаговременную выработку критериев, определяющих, когда должны предприниматься различные защитные меры. В качестве таких критериев рекомендовано использовать значения эффективных доз облучения человека, не превышение которых в случае аварии обеспечивает предотвращение серьезных детерминированных эффектов, разумное снижение риска стохастических эффектов и безопасность персонала атомной станции при ликвидации последствий аварии<sup>1</sup>.

К запроектным относятся аварии, которые вызываются не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями или сопровождаются дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами элементов систем безопасности сверх единичного отказа, реализацией ошибочных решений персонала. Такие аварии рассматриваются и анализируются в проекте атомной станции с целью определения способов уменьшения их последствий, обоснования стратегии управления ими. При их анализе используется не консервативный, а реалистический подход. Запроектные аварии, как правило, имеют более тяжелые последствия, чем проектные, например расплавление активной зоны. В связи с этим особое внимание следует уделять рассмотрению радиационных последствий запроектных аварий.

Для предотвращения детерминированных и снижения вероятности стохастических эффектов аварийного облучения защитные мероприятия следует проводить до или сразу после начала аварии, а это значит, что возможные дозовые нагрузки на персонал при различных аварийных ситуациях должны быть заранее рассчитаны и включены в мероприятия внутреннего аварийного плана.

С целью оценки дозовых нагрузок на персонал атомной станции при запроектной аварии был выбран один из сценариев, который характеризуется наибольшим выбросом радионуклидов в окружающую среду.

Прогнозная оценка дозовых нагрузок на персонал АЭС от радиоактивного облака и внутреннего облучения за счет ингаляции выполнялась для таких дозообразующих радионуклидов, как  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}^2$ .

**Методика проведения расчетов.** В данной работе для прогнозной оценки дозовых нагрузок на персонал на ранней стадии запроектной аварии приняты следующие допущения:

краткосрочный период облучения (обычно не более 4 ч), в течение которого ожидаются постоянные радионуклидный состав и условия выброса, то есть изменение метеорологических условий, в частности направление ветра, при выполнении расчета не учитывается;

не рассматривается возможное уменьшение облучения из-за пребывания в укрытии;

облучаемый персонал – взрослые (возраст больше 17 лет), с объемом дыхания  $1,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ , выполняющие легкую физическую работу, не употребляющие загрязненные продукты питания.

Для выбранных условий концентрация радионуклидов в приземном слое воздуха является параметром, определяющим ингаляционное поступление радионуклидов в организм человека и последующее внутреннее облучение. Также были оценены эффективная доза внешнего облучения от радиоактивного облака, эквивалентная и эффективная дозы на щитовидную железу.

Методика расчета распределения относительной концентрации радиоактивных аэрозолей по зонам удаления от источника выброса с использованием программного модуля, созданного в среде разработки компьютерных программ COMSOL 3.5a, подробно описана в [1, 2].

<sup>1</sup> Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержден постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 №213 ; Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации. Нормы безопасности МАГАТЭ. Общие требования безопасности № GSR PART 7, 2016

<sup>2</sup> Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций», утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.03.2010 №39.

Прогнозная оценка общей эффективной дозы выполнялась с учетом внешнего облучения от облака и выпадений на поверхность площадки, а также внутреннего облучения за счет ингаляционного поступления:

$$E_T = (E_a + E_g) + E_{inh}, \quad (1)$$

где  $E_T$  – общая эффективная доза, мЗв;  $E_a$  – эффективная доза от радионуклидов в воздухе (в облаке), мЗв;  $E_g$  – эффективная доза от радионуклидов в выпадениях, мЗв;  $E_{inh}$  – эффективная доза от ингаляции, мЗв.

Расчет эффективной дозы от содержащихся в воздухе и выпадениях радионуклидов ( $E_a + E_g$ ) проводился по формуле

$$(E_a + E_g) = K \sum_{i=1}^n C_i e_i T_e, \quad (2)$$

где  $T_e$  – продолжительность облучения, ч;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го радионуклида в приземном слое воздуха, кБк/м<sup>3</sup>;  $e_i$  – дозовый коэффициент, определяемый как мощность поглощенной дозы гамма-излучения  $i$ -го радионуклида на высоте 1 м над подстилающей поверхностью от источника в виде радиоактивного облака, (мГр/ч)/(кБк/м<sup>3</sup>);  $K$  – коэффициент перехода от дозы в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью к эффективной дозе для представителей  $i$ -й группы населения при облучении от радиоактивного облака, мЗв/мГр.

Эффективная ингаляционная доза от вдыхания загрязненного радионуклидами воздуха определяется по следующей формуле<sup>3</sup>:

$$E_{inh} = 10^6 \sum_{i=1}^n (C_i e^i) T_e V, \quad (3)$$

где  $e^i$  – дозовый коэффициент для персонала для  $i$ -го радионуклида, Зв/Бк;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го радионуклида в приземном слое воздуха, кБк/м<sup>3</sup>;  $V$  – интенсивность дыхания, м<sup>3</sup>/ч.

Значение ожидаемой эквивалентной дозы в щитовидной железе от ингаляции рассчитывается с помощью выражения

$$H_{inh} = \sum_{i=1}^n (C_i k^i) T_e V, \quad (4)$$

где  $k^i$  – дозовый коэффициент для персонала для  $i$ -го радионуклида (теллур или йод), мЗв/кБк.

По приведенным формулам были рассчитаны суммарная ингаляционная доза, эффективная доза внешнего облучения, эквивалентная и эффективная дозы на щитовидную железу и общая эффективная доза облучения персонала на промплощадке атомной станции.

**Результаты расчетов. Оценка распределения радионуклидов в приземном слое воздуха на площадке атомной электрической станции при запроектной аварии.** Для расчета распределения объемной активности радионуклидов в пределах промышленной площадки атомной электростанции и дозовых нагрузок на персонал была рассмотрена запроектная авария, связанная с выходом продуктов деления через неплотности двойной защитной оболочки и байпасом контеймента.

Исходными данными по радионуклидному составу выброса и активности выбрасываемых радионуклидов были приняты результаты из предварительного отчета по обоснованию безопасности Белорусской АЭС. Объемные активности радиационно-значимых радионуклидов при аварийном выбросе через неплотности двойной защитной оболочки с учетом байпаса контеймента приведены в табл. 1.

С использованием созданного в среде разработки компьютерных программ COMSOL 3.5a программного модуля было установлено распределение относительной концентрации (диапазон изменения 0÷1) радиоактивных аэрозолей на территории промплощадки по зонам удаления от источника распространения выброса. Расчет проводился для каждого из восьми румбов направления ветра.

<sup>3</sup> Методические рекомендации МР 2.6.1.0063-12 «Контроль доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта, в условиях его нормальной эксплуатации и радиационной аварии», утверждены 06.06.2012.

Т а б л и ц а 1. Значение объемных активностей радионуклидов при запроектной аварии, связанной с выбросом продуктов деления через неплотности двойной защитной оболочки и байпасом контаймента

Table 1. Volume radionuclide activities for beyond design basis accident with radionuclide emission through containment bypass

Радионуклид	Период полураспада	Объемные активности радионуклидов при аварийном выбросе, кБк/м <sup>3</sup>
<sup>90</sup> Sr	28 лет	$2,78 \cdot 10^3$
<sup>137</sup> Cs	30 лет	$1,18 \cdot 10^5$
<sup>134</sup> Cs	2 года	$2,51 \cdot 10^5$
<sup>131</sup> I	8 сут	$1,00 \cdot 10^6$
<sup>133</sup> I	21 ч	$1,88 \cdot 10^6$

Переход к средним объемным активностям радионуклидов в приземном слое воздуха осуществлялся путем умножения полученной величины относительной концентрации радионуклидов в определенной зоне на объемную активность радионуклидов при аварийном выбросе (данные из табл. 1).

Пример результатов расчета объемных активностей радионуклидов в приземном слое воздуха на территории промышленной площадки станции при аварийном выбросе через неплотности двойной защитной оболочки с учетом байпаса контаймента приведен в табл. 2.

**Прогнозная оценка дозовых нагрузок на персонал атомной электрической станции при запроектных авариях.** Оценка дозовых нагрузок на персонал АЭС в случае запроектной аварии выполнялась с учетом загрязнения, формируемого такими радионуклидами, как <sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs, <sup>131</sup>I, <sup>133</sup>I, <sup>90</sup>Sr. Расчет выполнялся для летних и зимних условий. Температура воздуха была принята 20 °С для летних условий и –20 °С – для зимних.

Максимальная скорость ветрового потока 0 (штиль), 10, 20 м/с на высоте 300 м. Скорость осадения примесных аэрозолей принималась равной 0,001, 0,005, 0,05 м/с, что соответствует размеру аэрозолей 3, 4 и 15 мкм при плотности 2000 кг/м<sup>3</sup>.

В качестве примера расчета дозовых нагрузок авторами настоящей статьи приведен расчет прогнозной оценки аварийных доз персонала на промплощадке для летних условий, скорость ветра принята 10 м/с, скорость осадения примесных аэрозолей – 0,05 м/с. Результаты расчета прогнозной оценки аварийных доз персонала при запроектной аварии (за первые 4 ч) представлены в табл. 3 и 4.

Таким образом, для наиболее загрязненной зоны 1 доза облучения персонала за первые 4 ч после аварии за счет внешнего облучения будет равна 0,72 мЗв, доза за счет ингаляции – 61,26 мЗв. Общая эффективная доза облучения персонала за счет нахождения на площадке в случае аварийного выброса через неплотности двойной защитной оболочки с учетом байпаса контаймента составит 61,98 мЗв, что несколько выше порогового значения предела допустимой годовой дозы для персонала в случае аварийных ситуаций (50 мЗв) и требует принятия срочных защитных мер.

Анализируя полученные значения, можно сделать вывод, что основной вклад в аварийную дозу облучения будут вносить короткоживущие изотопы йода (суммарная эффективная доза от ингаляции для <sup>131</sup>I и <sup>133</sup>I составляет 50,23 мЗв для наиболее загрязненной зоны 1, из которой доза на щитовидную железу 27,23 мЗв). Следовательно, использование таких защитных мероприятий, как блокирование щитовидной железы и защита органов дыхания, может существенно уменьшить полученные персоналом дозы.

Т а б л и ц а 2. Средние объемные активности радионуклидов в приземном слое воздуха (на высоте 1 м над подстилающей поверхностью) на промплощадке при скорости ветра 10 м/с, скорость осадения 0,05 м/с

Table 2. Average volume activities of radionuclides in lower air layer (1 m above surface) on NPP site. Wind speed – 10 m/s, deposition rate – 0.05 m/s

Радионуклид	Концентрация радионуклидов, кБк/м <sup>3</sup>					
	Исходная	Зона 1 (~ 40 м)	Зона 2 (~ 40–60 м)	Зона 3 (~ 60–90 м)	Зона 4 (~ 90–105 м)	Зона 5 (~ 105–165 м)
<sup>90</sup> Sr	$2,78 \cdot 10^3$	$1,70 \cdot 10^0$	$1,40 \cdot 10^0$	$1,10 \cdot 10^0$	$8,00 \cdot 10^{-1}$	$6,00 \cdot 10^{-1}$
<sup>137</sup> Cs	$1,18 \cdot 10^5$	$7,08 \cdot 10^1$	$5,90 \cdot 10^1$	$4,72 \cdot 10^1$	$3,54 \cdot 10^1$	$2,36 \cdot 10^1$
<sup>134</sup> Cs	$2,51 \cdot 10^5$	$1,51 \cdot 10^2$	$1,26 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^2$	$7,53 \cdot 10^1$	$5,02 \cdot 10^1$
<sup>131</sup> I	$1,00 \cdot 10^6$	$6,00 \cdot 10^2$	$5,00 \cdot 10^2$	$4,00 \cdot 10^2$	$3,00 \cdot 10^2$	$2,00 \cdot 10^2$
<sup>133</sup> I	$1,88 \cdot 10^6$	$1,13 \cdot 10^3$	$9,40 \cdot 10^2$	$7,52 \cdot 10^2$	$5,64 \cdot 10^2$	$3,76 \cdot 10^2$

Т а б л и ц а 3. Прогнозная оценка аварийных доз персонала на промплощадке при скорости ветра 10 м/с и скорости осаждения 0,05 м/с

Table 3. Emergency dose assessment for staff on NPP site. Wind speed – 10 m/s, deposition rate – 0.05 m/s

Доза облучения	Величина дозы облучения, мЗв				
	Зона 1 (~ 40м)	Зона 2 (~ 40–60м)	Зона 3 (~ 60–90м)	Зона 4 (~ 90–105м)	Зона 5 (~ 105–165м)
Эффективная доза от ингаляции, мЗв					
<sup>90</sup> Sr	0,29	0,24	0,18	0,13	0,10
<sup>137</sup> Cs	2,66	2,21	1,77	1,33	0,89
<sup>134</sup> Cs	8,10	6,75	5,40	4,05	2,70
<sup>131</sup> I	36,96	30,80	24,64	18,48	12,32
<sup>133</sup> I	13,27	11,05	8,84	6,63	4,42
Суммарная эффективная доза от ингаляции, мЗв	61,26	51,05	40,84	30,62	20,43
Доза от внешнего облучения, мЗв	0,72	0,60	0,48	0,36	0,24
Общая эффективная доза, мЗв	61,98	51,65	41,31	30,98	20,67

Т а б л и ц а 4. Прогнозная оценка воздействия радионуклидов <sup>131</sup>I и <sup>133</sup>I на щитовидную железу при запроектной аварии для принятых условий

Table 4. Assessment of dose from <sup>131</sup>I and <sup>133</sup>I radionuclides on thyroid at beyond design basis accident

Доза облучения	Величина дозы облучения, мЗв				
	Зона 1 (~ 40 м)	Зона 2 (~ 40–60 м)	Зона 3 (~ 60–90 м)	Зона 4 (~ 90–105 м)	Зона 5 (~ 105–165 м)
Эквивалентная доза в щитовидной железе, мЗв	680,87	567,39	453,91	340,44	226,96
Эффективная доза на щитовидную железу, мЗв	27,23	22,70	18,16	13,62	9,08

**Заключение.** Оцененное с использованием разработанного программного модуля радиационное воздействие на персонал в случае запроектной аварии в целом хорошо согласуется с проектными данными, представленными в предварительном отчете по обоснованию безопасности Белорусской АЭС.

Полученные результаты показывают, что основной вклад в аварийную дозу облучения будут вносить короткоживущие изотопы <sup>131</sup>I, <sup>133</sup>I и основным путем формирования дозы облучения персонала будет являться ингаляционный. Введение таких срочных защитных мер, как блокирование щитовидной железы, максимальное ограничение ингаляционного пути поступления радионуклидов (защита органов дыхания и укрытие), позволит существенно снизить эффективные дозы облучения персонала.

Особенностью примененного методического подхода является учет инфраструктуры, которая может вносить значительные возмущения в воздушный перенос радиоактивных аэрозолей и, как следствие, неравномерности распределения концентраций, особенно на небольших расстояниях, что актуально для промплощадки АЭС. Возможной областью применения данного метода расчета является прогнозирование радиационных последствий аварий на радиационных объектах и объектах использования атомной энергии в условиях неоднородности подстилающей поверхности.

#### Список использованных источников

1. Орловская, В.И. Прогнозная оценка дозовых нагрузок на персонал АЭС-2006 при проектных авариях с учетом типовой инфраструктуры промплощадки / В.И. Орловская, А.Г. Трифонов // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2018. – Т. 63, №1. – С. 111–118. <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2018-63-1-111-118>
2. Андрижиевский, А.А. Анализ процессов переноса и осаждения аэрозольных частиц на характерных поверхностях инфраструктуры АЭС / А.А. Андрижиевский, А.Г. Трифонов, Л.С. Кулик // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2014. – №3 (167). – С. 89–93.

## References

1. Orlovskaya V. I., Trifonov A. G. Dose assessment for NPP-2006 staff for design basis accident taking into account typical site's infrastructure. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya fizika-technichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series*, 2018, vol. 63, no. 1, pp. 111–118 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2018-63-1-111-118>
2. Andrizhievskiy A. A., Trifonov A. G., Kulik L. S. Analysis of transfer and deposition processes of aerosol particles on the characteristic surfaces of NPP infrastructure. *Trudy BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh veschestv = Proceedings of BSTU. Chemistry and Technology of Inorganic Substances*, 2014, no. 3 (167), pp. 89–93 (in Russian).

## Информация об авторах

*Орловская Валентина Игоревна* – младший научный сотрудник, Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны Национальной академии наук Беларуси (а/я 119, 220109, Минск, Республика Беларусь). E-mail: [valentina.valentina.orlovskaya@mail.ru](mailto:valentina.valentina.orlovskaya@mail.ru)

*Трифонов Александр Георгиевич* – доктор технических наук, доцент, заместитель генерального директора по науке, Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны Национальной академии наук Беларуси (а/я 119, 220109, Минск, Республика Беларусь). E-mail: [tral@sosny.bas-net.by](mailto:tral@sosny.bas-net.by)

## Information about the authors

*Valentina I. Orlovskaya* – Junior Researcher, Joint Institute for Power and Nuclear Research – Sosny of the National Academy of Sciences of Belarus (P.O. box 119, 220109, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [valentina.valentina.orlovskaya@mail.ru](mailto:valentina.valentina.orlovskaya@mail.ru)

*Alexander G. Trifonov* – D. Sc. (Engineering), Associate Professor, Deputy Director General on Science Work, Joint Institute for Power and Nuclear Research – Sosny of the National Academy of Sciences of Belarus (P.O. box 119, 220109, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [tral@sosny.bas-net.by](mailto:tral@sosny.bas-net.by)