

ВОДА – ЭТО ЖИЗНЬ

Мионов Ю.Т., сотрудник ПИЯФ РАН

Часть 1. Куда летал вброн?

*Живая вода – звон весенней капли.
Второй постулат Юмера*



«Вода – это жизнь».

Рисунок Аланова Андрея (гимназия им. Ушинского, г. Гатчина)

Поначалу я хотел назвать эти заметки иначе: «Вода, которую мы пьем» или совсем просто – «Про воду». Сделать так мне хотелось, чтобы как-то обозначилась их связь с ключевыми словами (и, одновременно, названиями) сборников «Экология. Безопасность. Жизнь» и с предыдущими моими публикациями «Про воздух и землю» в других изданиях: «Воздух, которым мы дышим», «Чтобы джанáба не заполонила Землю». Однако по мере того, как складывалось содержание заметок, первое название стало казаться мне не очень хорошим – излишне «узким», специальным. Применительно к городской жизни для кого-то оно могло оказаться и вовсе дезориентирующим. Можно было подумать, что в заметках, названных так, пойдет скучноватый «оцифрованный» разговор о воде, льющейся из водопроводного крана. От названия «Про воду» пришлось тоже отказаться. Соотнесенное с содержанием заметок оно оказалось, напротив, чрезмерно «широким». Уместным, например, для научно-популярной монографии, типа той, которую написал академик И.В. Петрянов-Соколов, назвав ее «Самое необыкновенное вещество в мире» (М., Педагогика, 1975), или для книжки К.С. Лосева «Вода» (Л., Гидрометеиздат, 1989), но отнюдь не для заметок

экологического свойства – о неразрывных связях с водой всего живого, включая *Homo sapiens*, рыб и... ворона.

Homo sapiens. Говоря о человеке, как таковом, один из авторов последнего времени¹ утверждает, что «в воде растворено наше прошлое, настоящее и (даже – Ю. Т.) будущее». Вопреки некоторой парадоксальности утверждения этот автор не так уж и не прав, если иметь в виду онтогенетическую² сторону человеческой жизни.

Ворон, *Corvus corax*. Населяет леса и долины рек. Среди прочего поедает рыбу и различных беспозвоночных. Задумчивое, негромкое «кру, кру» этой немногочисленной птицы, отличающееся от повсеместного, хриплого «карр» обычной серой вороны, иногда случается слышать, когда ближе к вечеру идешь по Орловой Роще, с работы, из ПИЯФ. В вечереющем небе виден тогда силуэт ворона, неторопливо летящего над вершинами деревьев со стороны р. Ижоры, протекающей неподалеку. «Приговаривание» ворона сопровождало меня много лет и на северной лесной реке, которую я посещал, чтобы ловить хариусов, пока молния не ударила и не сожгла околобережную, полусохшую, с обломанной вершиной сосну с его гнездом.

Вода... Только на эсперанто фонемы *lirli* – журчат онomatопозитически³ превосходно передают универсальное звучание переливающейся воды. Ее чистое журчание в лесном ручье занимало меня издавна. Как и, конкретно, в реке Колпь, собирающей своими притоками воду из лесов и болот вологодского Белозерья. В то давнее время интерес к завораживающему журчанию речных струй, к рыбам, в них обитающим, едва не закончился трагически для моей, только что начинавшейся тогда детской жизни. Ниже я немного скажу об этом. С годами интерес к «водам и рыбам» не угас, а продолжается, во многом определяя доминанты и сегодняшней моей, в общем, довольно заурядной жизни. Не знаю, хорошее или неприличное, по их обыкновению, предложат психоаналитики толкование такому интересу и увлечению, но оно есть, я его не скрываю.

Вода, текущая быстро, в бликах солнечного света, переполненная синовой просторного весеннего неба и оживляемая всплесками идущей на нерест рыбы, радующейся так же, как и ты, жизни и новой весне – что может быть лучше и интереснее? Или, когда бредешь в просвеченных солнцем потоках воды, по берегу реки, залитому весенним яроводьем, а легкие ласковые движения прядей-ветвей знакомых, высоких и все еще молодых берез, стоящих в первой зелени невдалеке, приветствуют тебя, как и год назад, под порывами пьянящего свежестью ветра?

Начинается все это с зачаровывающего взгляд, зовущего в гибельную даль розовато-сиреневого полусвета, дымки оживающих прибрежных зарослей ольхи. Цвет распускающихся ольховых соцветий – сережек сродни

¹ Газета «Вести» от 22.03.03.

² Онтогенетическая – связанная с развитием организма.

³ Греч. – звукоподражательно.

редкому, открытому совсем недавно в Прибайкалье *чаюиту* – самоцветному минералу, так нравящемуся женщинам.

Позднее часть своего колдовства ольшаники передают серебряной «капелью» цветущих ив и разливающейся весенней воде. Будет все: и светлая зелень полураспустившихся почек прибрежной, дикой смородины, разливающаяся повсюду *живая* вода, урчание лягушек, *Rana temporaria*, *Rana terrestris*, которым пришла пора позаботиться о потомстве, их парные плавания по едва согретому солнцем прозрачному мелководью залитых луговин, золотые ковры куртин калужниц в бесчисленных полоях⁴, с перебивом и суетливой беготней по берегам кем-то потревоженных куликов–перевозчиков, с резкими «вскриками» взлетающих кроншнепов⁵, кажущихся такими крупными вблизи.

Обилие весенней воды не представить без уток: кряквы, шилохвости и уток помельче – связы и чирковых. Обычная картина – крупный селезень кряквы, в блестящем атласном пере, переливающимся изумрудом, с лёта плюхается на середину поля и ну «юлить» – резво плавать то влево, то вправо, при этом неистово крякая «во все горло». Словом, «гонит волну» по воде поля, зазывая подруг. Волны бегут, качают заросли калужниц, а селезень своим громким, отчетливым кряканьем объявляет всем: «Вот, я здесь! Красивый, полный весеннего задора и неудержимого азарта».

Кажется, и для меня увлечение *вечной* весной не проходит бесследно. Даже *post festum*⁶ сбивает с толку, уводит от темы. Но только ли меня? Не от захватывающих ли своей живостью картин весенней жизни появились, как появлялись по моде своего времени (галантной и гривуазной одновременно) павильоны в других «водных» местах, павильон Венеры на Белом озере Гатчинского парка?

Белое сообщается с родниковым Серебряным озером, которое издавна пило водой обитателей Гатчинского дворца, посетителей павильона. Серебряное и сегодня продолжает вносить свою лепту в водоснабжение жителей разросшейся 80-тысячной Гатчины.

Когда обилие *набережной* весенней воды начинает спадать, на местах посуше «выстреливаются» розовые головки тоже любящего воду, но по-своему, *змеиного горца*, самые первые, почувствовавшие солнечное тепло. На них, поднятых на полметра, а то и повыше, от еще сыроватой и холодной земли, любят устраиваться шмели. Шмели полусонные, только еще просыпающиеся, похудевшие за время зимнего оцепенения, но все равно тяжелые и потому головки-соцветия горца и в безветрие покачиваются то в одну, то в другую сторону, смотря с какого бока на них располагаются шмели. Соцветия змеиного горца, растения целебного, которое и «кровь останавливает, и раны заживляет», похожи, хотя и «не того калибра», на ершики из омедненной проволоки, которыми охотники, навинтив их на

⁴ Полой – ложбина, заполненная разлившейся речной водой.

⁵ Кроншнеп – крупный кулик с изогнутым клювом, похожим на ножку кронциркуля. Любит гнездиться по прибрежным лугам и кочкарникам.

⁶ Лат. – после праздника.

шомпол, чистят «чоки», «получоки» и редкие ныне «цилиндры» стволов своих ружей от порохового нагара после конца весенних утиных охот на селезней с «подсадной» или с «чучалками», т.е. с полуприрученной дикой уткой или с утиными чучелами, которыми подманивают селезней.

Я еще ничего не сказал о «речных», как я их называю, глухарях. Глухарь – крупная (вес до 6 кг) и красивая птица – потаенный обитатель моховых болот⁷ и наших северных лесов. Некоторые глухари (отнюдь не робкие глухарки и не те, стреляные мошники, которые загодя, едва обозначится рассвет, покидают места токования – на краю болота или в укромном, давно облюбованном «стариками» участке леса), еще не заматеревшие, в которых, как мне поначалу казалось, не истребился интерес к новизне или доля любопытства, свойственная молодым птицам, вылетают на берег весенней реки и при свете дня пролетают некоторое расстояние вдоль нее, а затем круто сворачивают и скрываются в прибрежном лесу. Такое необычное поведение осторожных птиц не раз наблюдал я на лесной реке, на которой ранней весной (и в отпускное время позднее) провожу лучшие часы своей жизни. Не сразу я догадался о причинах таких пролетов. Мне казалось, что птиц, как и меня, не оставляет равнодушными яркая *жизнь воды* весенней реки, что эти пролеты выявляют неразрывную связь (а на деле так и есть) всех «элементарных частиц» царства Берендея: клюквенных чистых болот, невырубленных лесов и реки со всеми ее обитателями, воду, которой леса и болота из года в год охраняют и берегут. Догадаться о причине необычного поведения глухарей мне помогло то обстоятельство, что наблюдать пролеты мне случалось всегда на одном и том же участке реки, там, где обширный сосновый бор (на крутом, с песчаной осыпью, берегу) вплотную придвинут к реке. Река ежегодно весной промывает эту осыпь, оставляя у берега дресву⁸ и мелкую гальку. В межень, т.е. когда вода спадает, около берега всегда образуется небольшой островок. По осени с него удобно запускать снасть для ловли налимов. При этом я иной раз спугивал глухарей, задерживавшихся на островке дольше обычного.

В зимнее время (иногда говорят, глухозимье), когда все укрыто глубокими снегами, глухари питаются сосновой хвоей. Чтобы ее перетирать, они осенью заглатывают мелкие камешки – жерновки. Так вот, если зима затянувшаяся, а после нее талая вода, залившая клюквенные болота, глубока, глухари против обычного долго «сидят на хвойной диете», и жерновки в их зобу истираются. То ли по этой причине, то ли потому, что по неопытности осенью были заглочены камешки не того качества или в малом количестве, это вынуждает осторожного глухаря вылетать к реке, чтобы пополнить жизненно необходимый «мельничный припас».

В большую воду, когда островок залит, возможности «подкормиться» камешками у вылетевшей из бора птицы нет. На крутой же осыпи тяжело-му глухарю и минуты не усидеть, и он вынужден лететь (примерно полкилометра или немного больше) вверх по течению реки, до следующего под-

⁷ Именно поэтому его иногда называют «мошником».

⁸ Крупные частицы песка.

ходящего места. Там в межень тоже образуется отмель с мелкой галькой, а сосновый бор подступает к реке. Но половодье и здесь мешает птице, и обескураженному глухарю не остается ничего другого, как возвратиться в лес. Лететь дальше бесполезно – подходящих мест на много километров вверх по течению нет, а пытаться искать галечники вниз по реке небезопасно, т. к. места там обжитые и часто посещаемые людьми всякого сорта (не исключая и браконьеров, для которых глухарь – вожаделенная добыча в любое время года). «Речным» поведением, как я мог заметить, чаще отличаются «малоопытные по-жизни», относительно молодые глухари, отличительный признак которых – узкая белая полоска на концах перьев в черном веере хвоста.

Хоть сказано уже немало, но еще многое и многое другое дает возможность увидеть и почувствовать весенняя *живая* вода.

Упоминание о змеином горце, который «кровь останавливает, и раны заживляет», подводит к тому, чтобы вспомнить о «*мертвой*» воде.

Вот, я написал в кавычках – «*мертвая*» вода. Это потому, что на самом деле она не мертвая. Наоборот, помогает человеку сохранить здоровье, способствует заживлению ран, а если кто и «умирает» от «*мертвой*» воды, так только, говоря «по-научному», стрептококки, стафилококки – болезнетворные микробы, микрофлора ран. В сказке за *мертвой* водой летит ворон. Промытые такой водой раны Ивана-царевича заживают. Фольклор – отражение реального опыта народа. Так куда же летал ворон? Летать далеко, если говорить о берендеевом царстве, ему вовсе незачем.

Не знаю, замечали ли вы, будучи по преимуществу, как я полагаю, городскими жителями, отправляясь осенью собирать клюкву, что на сфагновых болотах в мочажинах, т.е. небольших понижениях, заполненных водой, что она, эта вода, всегда *чистая*, без мелкой живности и признаков застойности? Этим она обязана мху *сфагнуму*, растению по-своему уникальному. Ему присуща исключительно сильная *бактерицидность*. Частью которой он «делится» с водой.

Жители русского Севера и прилегающих областей давно научились использовать это свойство сфагнумов, разновидностей которых немало – около сорока. Деревянные дома традиционной постройки там *рубятся*, т.е. строятся всегда с использованием сфагнума (в качестве материала для конопачивания, изредка добавляя к нему немного пакли, если есть возможность такую «достать»). Мне случилось как-то помогать *класть* сруб такого дома. Так вот, положив очередной *венец* сруба, сверху по нему выкладывают ровную дорожку из **смоченного водой** сфагнума, располагая стебли мха поперек. Затем кладется следующий венец. Краями пазов, сделанных в его бревнах, дорожка прижимается и т.д. При такой технологии в заново построенном доме надолго сохраняется свежесть воздуха и непередаваемый, целебный запах сфагнума. Не по причине ли особых свойств сфагнума в небольшой лесной деревне, в которой я бываю в последние годы, стоящей в сосновом бору, в окружении ближних и дальних сфагновых болот, дома в которой построены по «сфагнуовой технологии», а в колодцах вкусная и чистая вода, немало долгожителей – женщин и мужчин за 85–90 лет?

Мне можно возразить, что значение для долгожительства имеет удаленность от людской скученности и круговерти больших (да и небольших тоже) городов, уединенность и малолюдство. Мол, не зря же отшельники, пустынножители, обитатели скитов уходили от суеты городов и поселений на новые места и отличались долголетием. С этим я соглашусь, но добавлю, что всегда около тех мест оказывались впоследствии или находились источники, особо ценимые, с непростой, целебной, святой водой.

Вспомним географически близкое. Как с «сиверов» в прошлом уходили староверы в поисках Беловодья – местности, обильной чистыми водами, в надежде найти там спокойное и здоровое жительство, или другое по времени – Введенско-Оятскую возрождающуюся обитель почти рядом с рыболовно-спортивной второй (первая на р. Нарова) базой ПИЯФ на р. Ояти, притоке межозерной Свири, соединяющей Онежское и Ладожское озера. Неподалеку от возрождающегося монастыря есть святой источник, обладающий значительной целительной силой. Мне довелось пить воду из него.

Часть 2. Бег жизни

В начале этих заметок упоминалась рыба, идущая на нерест. Качество воды для нее, в частности, для лососевых и родственных им видов имеет столь же большое или даже большее значение, чем для человека. Лосося, чтобы обеспечить полноценное развитие *молоди* (потомства – Ю. Т.), всегда возвращаются из странствий по другим водоемам (порою очень дальним) *в родную*, чистую воду, в родную реку. В ту самую, в которой им дано было ощутить радость и сложности жизни, где они появились на свет – где ярко-оранжевая икринка превратилась в малька, затем в *сеголетка*, чтобы впоследствии, странствуя, стать красивым и сильным лососем. Отмечая такое поведение, лосося называют *анадромной* рыбой. Это от вечности, так мне хочется думать и надеяться, что удастся сохранить чистоту лососевых рек. К сказанному, однако, надо добавить нечто от современности, сказать о *радиоактивности*, ее влиянии на чистоту воды и рыбы, например, тех же лососевых.

Естественная и искусственная (техногенная) радиоактивность. Каковы обе ее разновидности в «водном обличьи»?

Начнем с калия-40. Это естественный радионуклид с периодом полураспада $T_{1/2} \sim 1,3 \cdot 10^9$ лет. На его долю среди природных изотопов калия едва приходится сотая процента, тем не менее, он может вносить заметный вклад в естественную радиоактивность вод. В качестве примера можно привести Рейн – проблемную реку Западной Европы. В свое время, локально, радиоактивность воды в нем, обусловленная калием-40, доходила до 0,2 Бк/кг⁹. Связано это было с калийными разработками и попаданием в Рейн стоков, обогащенных соединениями калия. Опубликованными данными по отечественным рекам я не располагаю. Но можно предположить с большой степенью уверенности, что нечто аналогичное мы имеем в р. Каме, притоке Волги.

⁹ Беккерель, Бк – один распад в секунду.

К слову сказать, в месте слияния Кама крупнее Волги, что дает повод для сомнения досужему человеку – Волга ли впадает в Каспийское море? В верхнем течении Камы расположено уникальное, усиленно разрабатываемое еще с прошлого века, Березниковское месторождение калийных солей.

Приведенная выше удельная активность калия-40 в речной воде хотя и заметна, но много ниже так называемого уровня вмешательства (УВ) – величины, начиная с которой требуются меры по ограничению потребления воды. Необходимо уточнить, что использование УВ=22 Бк/кг, указанного для калия-40 в отечественных нормах радиационной безопасности (НРБ-99), допускается только в таких случаях, о которых сказано выше, когда в речные воды калий-40 поступает *дополнительно* и, более того, помимо естественной смеси изотопов калия. Что же касается прочих, подобных калию-40, бета-излучающих радионуклидов, то по НРБ-99 их удельная суммарная активность в питьевой воде не должна превышать 1,0 Бк/кг. Это так называемый *контрольный уровень*, при превышении которого требуется дополнительный радиационный контроль, в частности, анализ радионуклидного состава.

Другие фигуранты из естественных радионуклидов, «имеющие место быть» в речной воде, представлены в таблице 1. В таблице приведены их удельные активности в Неве и, для сравнения, все в том же «проблемном» Рейне.

Таблица 1

Естественная радиоактивность речной воды, Бк/кг

Радионуклид, T _{1/2}	Река	
	Нева ¹⁰	Рейн
Радон-222, 3,8 сут.	2,0	0,1–0,5
Полоний-210, 138,4 сут.	<0,03	–
Радий-228, 5,8 лет	<0,05	0,037
Свинец-210, 22,3 лет	<0,03	0,037
Радий-226, 1600 лет	<0,03	0,004
Уран-234, 2,45·10 ⁵ лет	<0,05	–
Уран-238, 4,47·10 ⁹ лет	<0,05	–

Вода Невы, качество ее, представляет для гатчинцев отчасти только академический интерес. Хотя еще не так давно невская вода определяла водоснабжение Гатчины. Здесь я должен отметить роль специалистов с современной естественно-научной, инженерной подготовкой, пришедших в администрацию города, и мэра Гатчины С.С. Богданова, человека живущего в масштабе реального времени. Благодаря их усилиям Гатчине удалось избавиться от фатальной зависимости от Невского водовода, который из-за своей протяженности чаще ломался, чем был исправлен. Невская вода ныне в городском водопотреблении занимает едва ли 10%. Гатчина пошла по пути, который широко опробован и используется в Западной Европе – питьевую воду брать не из *поверхностных* вод и открытых водоемов, под-

¹⁰ Данные здесь и далее из радиационно-гигиенического паспорта СПб.

верженных загрязнению, а использовать подземные воды, брать ее из защищенных источников. К слову сказать, аналогично был решен вопрос с водой много лет назад в Орловой Роше, при создании ПИЯФ.

Оценивая «для себя» значимость данных, приведенных в таблице 1, в частности, по радону, следует помнить, что радон-222 в воде нормируется «персонально». Это газ, к тому же инертный, хотя и альфа-радиоактивный, с относительно коротким периодом полураспада. УВ для него по НРБ-99 60 Бк/кг. В отношении других альфа-излучающих радионуклидов – полоний-210, радий-226, уран-234 и уран-238 требование федеральных норм много жестче (см. табл. 1). Контрольный уровень для них 0,1 Бк/кг, и в НРБ-99 формулируется как «общая, т.е. суммарная удельная альфа-активность A_{α} питьевой воды не должна превышать 0,1 Бк/кг». Специалисты считают такое требование излишне консервативным¹¹. Более правильно было бы ограничить A_{α} 0,3 Бк/кг. В США, например, предел по A_{α} еще выше и равен 0,55 Бк/кг.

Естественная радиоактивность воды, в отличие от техногенной, возникла не вчера. Она изначальна, сопровождала и сопровождает онтогенез, и из-за нее, говоря отвлеченно, человек не превратился и, надо полагать, не превратится в нежизнеспособного мутанта.

Делая оценки, следует еще иметь в виду, что в среднем из речной воды в процессе подготовки ее к подаче в водопровод проникает менее половины активности содержащихся в ней радионуклидов, как естественных, так и техногенных.

Техногенные радионуклиды... В «водном обличьи» они более всего представлены цезием-137 и стронцием-90.

Поступление этих радионуклидов в водоемы связано с выпадениями, сопровождавшими ядерные испытания 60-годов прошлого века и позднее – аварию на ядерном реакторе Чернобыльской АЭС. При этом, если в продуктах ядерных взрывов отношение концентрации цезия-137 к стронцию-90 составляло ~ 1,7, то выход в атмосферу летучего цезия-137 из дымящего Чернобыльского реактора был во много раз выше выхода нелетучего стронция-90. Отношение цезий-137/стронций-90 около реактора равнялось ~ 10. По мере переноса воздушными течениями продуктов аварии оно еще возрастало и варьировалось в зависимости от дальности и азимута, по которому происходил перенос. Например, над Балтикой это отношение равнялось 57, а над территорией севера европейской части России – 38.

В водоемах, в воде, соотношение цезия и стронция иное. Если в выпадениях не было подавляющего преобладания цезия, то концентрация стронция в воде относительно выше. Это следствие лучшего, как правило, поглощения цезия донными грунтами.

Современные данные по цезию и стронцию для Невы представлены в таблице 2. Налицо преобладание стронция. Абсолютные же удельные активности обоих радионуклидов в невиской воде значительно ниже уровней вмешательства.

¹¹ Научно-информационный журнал по радиационной безопасности АНРИ № 3, 1999 г., стр. 63, 65; АНРИ № 4, 2002 г., стр. 30.

Таблица 2

Техногенная радиоактивность воды в Неве, Бк/кг

Радионуклид, T _{1/2}	Среднее значение удельной активности	УВ
Цезий-137, 30,1 лет	0,01	11
Стронций-90, 29,1 лет	0,04	5

Общий подход, касающийся всех радионуклидов, как техногенных, так и естественных, которые могут оказаться в питьевой воде, декларированный в федеральных нормах, гласит, что *сумма отношений их удельных активностей к уровням вмешательства не должна превышать 1*. При выполнении этого условия вода считается соответствующей критерию радиационной безопасности. Взяв данные из таблиц 1 и 2 и УВ для естественных радионуклидов из таблицы 3, получим искомую сумму для воды Невы 0,78.

Таблица 3

Уровни вмешательства для естественных радионуклидов, Бк/кг

Радионуклид	Радон-222	Полоний-210	Радий-228	Свинец-210	Радий-226	Уран-234	Уран-238
УВ	60	0,12	0,2	0,2	0,5	2,9	3,1

Выше упоминалось о «проблемности» Рейна. Как видно из таблицы 1, в отношении радиоактивности этой «проблемности» нет. То же можно сказать о Неве. «Проблемность» обеих рек в другом. В загрязнении их металлами, органикой и всем прочим, малополезным для человеческого организма.

А теперь поговорим о рыбе. Человек «вырос», т.е. сформировался как биообъект и сапиентизировался (неологизм мой – Ю. Т.) как личность во многом благодаря рыбе – ловя ее как доступный источник животного белка.

Как влияет радиоактивность воды на экологическую чистоту рыбы?

Известно, что рыба, как и другие гидробионты, кумулирует (концентрирует) радиоактивность. В качестве показателя, характеризующего уровень накопления радионуклида, обычно используется K_n , *коэффициент накопления*, – отношение удельной активности тканей рыбы к удельной активности воды. Радионуклиды в организме рыбы распределяются по-разному. Если цезий распределяется равномерно во всем организме рыбы, то стронций – остеотроп – концентрируется в костной ткани. Вариабельность K_n обоих радионуклидов в значительной степени определяется минерализацией воды (наличием в ней ионов Са, Mg, К) и характером питания рыб. Есть рыбы – ихтиофаги, хищные, а есть питающиеся планктоном, растительноядные, мирные.

Зададимся удельными активностями цезия-137 и стронция-90 в воде, в воде, и коэффициентами накопления их рыбой. Оценим радиоактивность рыб и результат сравним с экспериментальными данными. Это поможет понять значимость радиоактивных техногенных влияний «через воду» на человека, поскольку рыба наряду с питьевой водой – основной поставщик в человеческий организм радиоактивных веществ «в водном обличьи». Человеку, владеющему хотя бы простейшей методикой измерения удельной активности воды, поклоннику рыбной ловли, эти оценки и сравнения подскажут, как в полевых условиях прогнозировать (в первом приближении) радиоактивность вылавливаемой рыбы.

В качестве объекта исследования выберем экосистему Балтийского моря. Мелководное Балтийское море имеет ограниченный объем воды, слабый водообмен с океаном и значительный континентальный сток, что создало предпосылки для накопления в экосистеме Балтики искусственных радионуклидов. На протяжении последних 17 лет радиационная обстановка на Балтийском море определяется загрязнением, возникшим в результате аварии на ЧАЭС. В настоящее время содержание цезия-137 и стронция-90 в воде Балтики существенно превышает фоновый уровень, сформировавшийся в воде Атлантического океана (около 2 мБк/кг)¹² после массовых ядерных взрывов шестидесятых годов прошлого века в атмосфере.

Удельную активность вод Балтики, обусловленную цезием-137, примем равной 70 мБк/кг¹³, стронцием-90 – равной 20–40 мБк/кг. Коэффициенты накопления этих радионуклидов (экспериментально-расчетные значения) возьмем из таблицы 4.

Таблица 4

К_н, коэффициенты накопления цезия-137 и стронция-90 в рыбе

Радионуклид	К _н , отн. единицы		
	Пресная, речная вода		
	Мышечная ткань*	Костная ткань	
Хищная рыба, в т.ч. щука, окунь		Мирная рыба, в т.ч. плотва, лещ	
Цезий-137	2000	**	**
Стронций-90	30	80	300
Радионуклид	Минерализованная, морская вода		
	Мышечная ткань	Костная ткань	
		Хищная рыба, лосось и др.	Мирная рыба, килька и др.
Цезий-137	160	**	**
Стронций-90	5	50	240

* То, что употребляет в пищу человек.

** Накопление, как и в мышечной ткани.

¹² 1 мБк, миллиБеккерель=10⁻³ Бк.

¹³ АНРИ №3, 2001 г.

Удельную активность рыбы $A^{\text{рыб}}$ рассчитываем по формуле:

$$A^{\text{рыб}} = K_{\text{д}} \cdot A^{\text{вод}},$$

где $A^{\text{вод}}$ – удельная активность радионуклида в воде.

Полученные оценки и экспериментальные¹⁴ данные для рыб экосистемы Балтики представлены в таблице 5.

Таблица 5

Радиоактивность рыбы Балтийского моря, обусловленная цезием-137 и стронцием-90

Рыба	Удельная активность, Бк/кг сырого веса			
	Цезий-137 в мышечных тканях		Стронций-90 в костных тканях	
	Расчет	Эксперимент	Расчет	Эксперимент
Лосось	11,2	9,3 ÷ 19,2	1,5 – 2,0	1,0 ÷ 5,0
Корюшка	– « –	9,2	– « –	–
Треска	– « –	8,7 ÷ 15,7	– « –	1,6 ÷ 7,0
Камбала	– « –	6,8 ÷ 10,8	– « –	1,4 ÷ 8,1
Салака	– « –	7,0 ÷ 11,1	7,2	–
Килька	– « –	7,2 ÷ 12,8	7,2	6,4

По действующим федеральным правилам и нормам содержание цезия-137 в рыбе не должно превышать 130 Бк/кг, стронция-90 – 100 Бк/кг. Из сравнения данных таблицы 5 с этими величинами можно сделать заключение, что балтийская рыба удовлетворяет критерию радиационной безопасности.

Несколько слов о моем первом приобщении к «воде и рыбам». Возвращаясь в далекое детство, о чем говорилось в начале заметок, вспоминаю безымянный приток р. Колпь, небольшой деревянный мост и ниже по течению стайку ельцов, стоящих на границе тени от моста, в толще просвеченной июльским солнцем воды. Ельцы иногда немного всплывают по течению, а затем — двумя-тремя взмахами хвоста возвращаются на место, сверкая в воде, как маленькие зеркала.

Вспоминаю себя, с палочкой-удочкой в руке, к которой на нитке привязан матерью не рыболовный, а обычный портновский крючок (из опасения, чтобы я не поранился). Крючок облеплен хлебным шариком размером с грецкий орех. Я изо всех сил тянусь, как только могу, стремясь поймать серебряные зеркала. Но они не обращают почти никакого внимания на мои старания, никак не хотят ловиться – только чуть сдвигаются от берега на другую струю. Я еще больше тянусь к ним своей палочкой-удочкой. Хорошим это не могло закончиться – через несколько минут я сваливаюсь с берегового откоса в воду и начинаю тонуть. Мать, занятая полосканием белья неподалеку, обернувшись на громкий всплеск, приходит на помощь – крючком коромысла меня вылавливает. Здесь я мог бы для живости повествования «припомнить» вкус воды, которой хлебнул тогда немало. Но буду честным, вкуса той воды я не запомнил. Скорее всего, это была «невкусная» вода.

¹⁴ См. предыдущую ссылку.