

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
СИБИЛЛА 2.0

Москва 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	5
1 Назначение программного средства (ПС) «Сибилла 2.0».....	6
2 Условия применения.....	8
3 Описание задачи.....	9
4 Описание возможностей ПС «Сибилла 2.0»	9
5 Описание пакета поставки.....	11
6 Порядок установки ПС «Сибилла 2.0»	11
7 Порядок проведения расчётов через основной интерфейс ПС «Сибилла 2.0»...	14
7.1 Запуск и выбор сценария	14
7.1.1 Работа через основное окно.....	14
7.1.2 Работа через меню «Проект».....	19
7.2 Проведение расчета по аналитической модели для однородного водоема .	21
7.2.1 Описание окна аналитической модели.....	21
7.2.2 Список «Фракции»	22
7.2.3 Список «Радионуклиды»	23
7.2.4 Вкладка «Основное»	24
7.2.5 Вкладка «Миграционные параметры».....	27
7.2.6 Вкладка «Начальные данные и источник».....	29
7.2.7 Вкладка «Результаты».....	31
7.3 Проведение расчетов для рек и водотоков.....	39
7.3.1 Работа с динамически изменяющимися параметрами.....	39
7.3.2 Списки главного окна модели водотока.....	41
7.3.3 Вкладка «Основное»	43
7.3.4 Вкладка «Миграционные параметры».....	45
7.3.5 Вкладка «Начальные, граничные данные и источник»	48
7.3.6 Вкладка «Результаты».....	49

7.4	Проведение расчетов для сложных водоемов, разделенных на однородные участки	53
7.4.1	Описание главного окна модели	53
7.4.2	Вкладка «Основное»	57
7.4.3	Вкладка «Миграционные параметры»	60
7.4.4	Вкладка «Начальные данные и источник»	62
7.4.5	Вкладка «Результаты»	63
7.5	Расчет доз облучения населения за счет водопользования	67
7.5.1	Модуль расчета доз	67
7.5.2	Блок управляющих списков	69
7.5.3	Блок «Исходные данные»	73
7.5.4	Блок «Результаты»	78
7.6	Расчет радиационного воздействия на биоту	80
8	Проведение расчетов через ГИС-интерфейс	85
9	Расчет допустимых сбросов в водные объекты	86
9.1	Общие сведения о модуле	86
9.2	Списки управляющих параметров	87
9.3	Блок «Исходные данные»	98
9.4	Блок «Дозовая квота и результаты»	100
10	Модуль скрининговых расчетов	104
10.1	Общие сведения	104
10.2	Установка и запуск модуля	105
10.3	Описание интерфейса модуля	105
10.3.1	Главное окно	105
10.3.2	Меню «Проект»	107
10.3.3	Проект «Река»	108
10.3.4	Проект «Водоём»	109

10.4	Проект «Прибрежные воды».....	111
10.5	Проект «Эстуарий»	112
11	Проведение расчетов для систем водных объектов без использования ГИС-интерфейса	113
	СПИСОК ИСТОЧНИКОВ	122

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АЭС	–	Атомная электростанция
БД	–	База данных
ГИС	–	Геоинформационная система
ОИАЭ	–	Объекты использования атомной энергии
ПК	–	Персональный компьютер
ПС	–	Программное средство
«Сибилла 2.0»	–	Программное средство расчета переноса радиоактивности в водных объектах
Access	–	Система управления базами данных, производства Корпорации «Майкрософт» (MS)
QGIS	–	Свободная географическая информационная система с открытым кодом
SQLite	–	Система управления базами данных
SQLiteStudio	–	Программа – менеджер файлов базы данных SQLite
SQL Browser	–	Программа – менеджер файлов базы данных SQLite

1 Назначение программного средства (ПС) «Сибилла 2.0»

ПС «Сибилла 2.0» предназначено для прогнозирования и оценки параметров радиационной обстановки в поверхностных водных объектах, формируемой за счет поступления в них радионуклидов от объектов использования атомной энергетики (ОИАЭ) как в режиме их штатной эксплуатации, так и вследствие аварийных ситуаций. Программа осуществляет оценку содержания радионуклидов в поверхностных водных объектах суши, доз облучения населения за счет водопользования вблизи таких водных объектов, а также радиационного воздействия на биоту. Дополнительно ПС осуществляет оценку величины допустимого сброса в водные объекты, определяет критические группы облучаемого населения, оценивает содержание радионуклидов в питьевой воде и продуктах питания в районах загрязнения, а также удельной активности радионуклидов по упрощенным моделям (в рамках работы модуля скрининговых расчетов (см. п. 10)).

ПС «Сибилла 2.0» обеспечивает расчет радиоактивного загрязнения водных объектов, включая трансграничный перенос в сопредельные государства, если данные объекты относятся к одному из типов:

- водоемы (озера, пруды, водохранилища, обводненные карьеры);
- водотоки (реки, каналы);
- системы вышеуказанных объектов.

Проведение упрощенных скрининговых оценок возможны также для эстуариев и прибрежной зоны крупных водных объектов.

При моделировании распространения и накопления радионуклидов в поверхностных водных объектах, а также расчете доз на население и биоту учитываются следующие факторы:

- характеристики источников поступления радиоактивности (с учетом их возможного изменения во времени для отдельных моделей);
- характеристики рассматриваемых водных объектов (с учетом их возможных изменений во времени);
- местные условия водопользования;
- местные особенности состава биоты.

ПС «Сибилла 2.0» поддерживает учет поступления радионуклидов в водные объекты по следующим путям:

- непосредственные сбросы радиоактивных веществ водный объект;
- атмосферные радиоактивные выпадения на зеркало водного объекта с учетом их динамики;
- поступление радионуклидов за счет смыва с бассейна водного объекта.

ПС «Сибилла 2.0» обеспечивает расчёт следующих величин:

- удельную объемную активность отдельных радионуклидов в воде;
- удельную массовую активность радионуклидов в донных отложениях;
- дозы облучения человека, обусловленные водопользованием;
- дозы на отдельные виды биоты, обитающей в загрязненном водном объекте.

Программа обеспечивает сравнение рассчитанных величин содержания радионуклидов в воде и донных отложениях, а также доз облучения населения с контрольными уровнями в соответствии с нормативными документами и автоматическим определением критической группы населения.

ПС «Сибилла 2.0» может быть использовано для:

- обоснования безопасности при проектировании и строительстве ОИАЭ и экологического сопровождения проектов вывода из эксплуатации ОИАЭ (в том числе, энергоблоков АЭС, отработавших срок эксплуатации);
- прогнозирования последствий радиационных аварий для поверхностных вод, связанных с технологическими катастрофами, террористическими актами и военным фактором воздействия;
- подготовки прогнозной информации для поддержки принятия решений при аварийном реагировании, включая выработку рекомендаций о необходимости ограничения водопользования;
- оценки последствий радиоактивного загрязнения водных объектов для проживающего поблизости населения и для биоты;
- расчета трансграничного переноса радиоактивных веществ на сопредельные с Российской Федерацией территории при штатных режимах эксплуатации ОИАЭ и в аварийных ситуациях;
- расчета допустимых сбросов радионуклидов в водные объекты в соответствии с [1];
- расчета воздействия на биоту в соответствии с [2];

- проведения тренинга, обучения и подготовки персонала в рамках противоаварийных учений и деловых игр;
- осуществления анализа альтернативных проектов сбросов, содержащих радиоактивные вещества.

2 Условия применения

ПС «Сибилла 2.0» может функционировать на персональных компьютерах под управлением операционной системы Microsoft Windows 32- и 64-битных версий 7 и выше.

В качестве основного пользовательского интерфейса выступает типовое оконное приложение Windows. В состав ПС «Сибилла 2.0» входят три исполняемых модуля:

- основной модуль `sibilla2.exe` – включает в себя модели распространения радиоактивных веществ в водотоках и водоемах, модель расчета дозы облучения населения от водопользования, а также модель оценки радиационного воздействия на биоту в соответствии с методикой [2];
- модуль `discharges.exe` – включает в себя модель оценки допустимых сбросов в соответствии с методикой [1];
- модуль `screening.exe` – содержит модель скрининговых (упрощенных аналитических) расчетов для рек, озер, эстуариев, и прибрежной зоны крупных водных объектов в соответствии с моделями, приведенными в [3]. Все три перечисленных модуля запускаются пользователем независимо друг от друга в соответствии с его задачами.

ПС «Сибилла 2.0» может использоваться на ПК как самостоятельное приложение, так и с опционально используемым совместно с ним картографическим модулем «Сибилла-ГИС-коннектор», представляющем собой картографический интерфейс, не входящий в состав ПС и функционирующий в форме плагина (программной надстройки) над ГИС QGIS [4]. Он обеспечивает следующие дополнительные возможности:

- отображение результатов расчетов на карте местности;
- пакетный запуск расчетов по группе водных объектов;
- управление выполнением расчетом и вводом исходных данных с географической карты местности;
- выполнение части задач по приему данных о выпадениях радионуклидов из атмосферы (вычисление интенсивности выпадений радиоактивных веществ на поверхность водных объектов).

Для обеспечения работы ПС «Сибилла 2.0» с данными по атмосферным выпадениям на зеркало водных объектов и оценки их последствий, а также обеспечения работы данного графического ГИС-интерфейса, требуется дополнительная установка на компьютер пользователя ГИС QGIS версии 3 или выше с помощью прилагаемого файла-дистрибутива или из дистрибутива разработчика ГИС [7].

ПС «Сибилла 2.0» также использует в своей работе файлы базы данных SQLite и не требует для работы с ними установки дополнительного программного обеспечения. Для просмотра и редактирования таблиц файлов базы данных SQLite, при необходимости, рекомендуется установить и использовать дополнительное программное обеспечение – менеджеры баз данных SQLiteStudio [5], SQL Browser [6] или их аналоги.

3 Описание задачи

Краткое описание моделей реализуемых в ПС «Сибилла 2.0» и методов поиска решения приведено в описании функциональных характеристик данного программного средства [8].

В целом, реализованные в ПС «Сибилла 2.0» модели переноса радиоактивности для водных объектов суши (однородных водоемов, сложных водоемов и водотоков) позволяют рассчитать удельную активность радионуклидов в воде и донных отложениях с учетом радиоактивного распада, проточности водоема и иных потерь воды, сорбции и десорбции радионуклидов взвесями, процессами обмена между толщей воды и донными отложениями. Для поиска решений программа использует аналитические и численные методы в зависимости от сложности задачи и достаточности исходных данных. На основе полученных значений содержания радионуклидов в элементах природной среды, ПС оценивает дозы облучения населения, осуществляющего водопользование вблизи водных объектов, содержание радионуклидов в продуктах питания и уровни радиационного воздействия на биоту.

4 Описание возможностей ПС «Сибилла 2.0»

В настоящем руководстве пользователя ПС «Сибилла 2.0» детально описаны реализованные к настоящему моменту возможности и порядок работы с программой. Руководство может обновляться и дополняться по мере внедрения и реализации в коде и интерфейсе программы новых возможностей и инструментов.

В текущей версии ПС «Сибилла 2.0» у пользователя имеется возможность работать с программой и вводить исходные данные, используя два визуальных интерфейса. Основной интерфейс реализован в форме стандартного многооконного приложения для персонального компьютера (ПК) и позволяет производить расчеты для однородных водных объектов, сложных водных объектов, а также рек и водотоков, поступление радиоактивности в которые происходит путем залпового или протяженного во времени водосброса. Также у интерфейса имеется функция запуска пакетного расчета для водных систем. Предполагается, что суммарная активность поступающих радионуклидов, а также динамика поступления установлены для однородного водоема, каждого отдельного однородного участка сложного водоема или участка крупной реки (водотока).

Дополнительно ПС может использовать приложение «Сибилла-ГИС-коннектор» в качестве визуального картографического интерфейса, а также средства для учета поступления радиоактивности в водные объекты за счет выпадения радиоактивных примесей из атмосферы и смыва с водосбора (инструкция по установке и работе с ПС «Сибилла-ГИС-коннектор» приведена в документе [4]).

Данный визуальный ГИС-интерфейс программы используется для ввода данных о поступлении активности в водные объекты, расчета поступления активности с атмосферными выпадениями непосредственно на основании исходных данных о распределении их плотности на территории расположения водных объектов (эти данные поставляются в форме файлов результатов расчета сторонних программ моделирования атмосферного переноса примесей). Также его задача – обеспечение наглядного отображения результатов расчетов удельной активности (концентрации) радионуклидов в донных отложениях и воде на карте территории. Также ГИС-интерфейс напрямую взаимодействует с расчетными модулями ПС «Сибилла 2.0» и может использовать его основной интерфейс для редактирования отдельных исходных данных. При этом, для пользователя отдельные виды расчетов могут производиться опосредованно через ГИС-интерфейс без явного запуска модулей основного интерфейса ПС (за исключением модулей экспресс-оценки активности и расчета допустимых выбросов).

В целом работа с программой при использовании её основного интерфейса может вестись без установки и подключения геоинформационного (ГИС) интерфейса программы «Сибилла-ГИС-коннектор» за исключением ограничений при расчетах с атмосферными выпадениями.

5 Описание пакета поставки

Пакет поставки ПС «Сибилла 2.0» включает в себя установочный файл Sybilla2Installer.exe. После установки разархивированный пакет файлов включает в себя:

- файлы расчетного кода ПС «Сибилла 2.0», включая модули: sybilla2.exe, discharges.exe и screening.exe, и файлы, обеспечивающие настройку расчетов и ввод данных через основной интерфейс ПС;
- файлы формата *.sqlite базы данных набора водных объектов, по умолчанию поставляемых для работы с программой;
- файлы, необходимые для функционирования плагина (программной надстройки) графического ГИС-интерфейса, обеспечивающего работу с картами водных объектов через интеграцию с ГИС QGIS (неактивны в базовой версии и могут использоваться только при установке и настройке ГИС QGIS на компьютер пользователя);
- файлы *.sqlite примеров расчетов;
- файлы примеров распределений атмосферных радиоактивных выпадений (для работы с ГИС-интерфейсом);
- файлы *.sqlite примеров расчетов для модуля screening.exe (дополнительно могут включаться в пакет поставки).

6 Порядок установки ПС «Сибилла 2.0»

Для начала установки ПС «Сибилла 2.0» на ПК необходимо запустить поставляемый установочный файл Sybilla2Installer.exe. На экране появится окно «Выберите язык установки», в котором из выпадающего списка необходимо выбрать пункт «Русский» или «English» и нажать кнопку «ОК» (см. рисунок 1). Далее появится окно ввода пароля для продолжения установки (пароль пользователю передается организацией, отвечающей за передачу лицензии на использование ПС). После ввода пароля необходимо нажать кнопку «Далее» (см. рисунок 2).

На следующем окне, приведенном на рисунке 3, требуется указать корневую директорию, в которую будут установлены файлы программы. Для выбора директории можно также использовать вспомогательное окно, вызываемое кнопкой «Обзор».

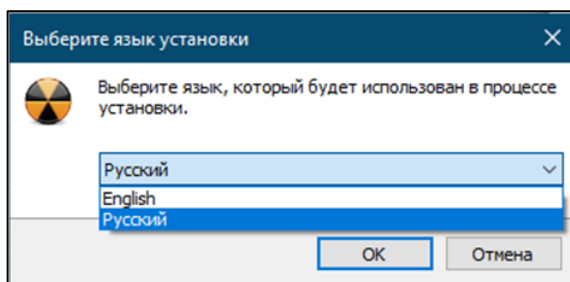


Рисунок 1 – Окно выбора языка установки ПС «Сибилла 2.0»

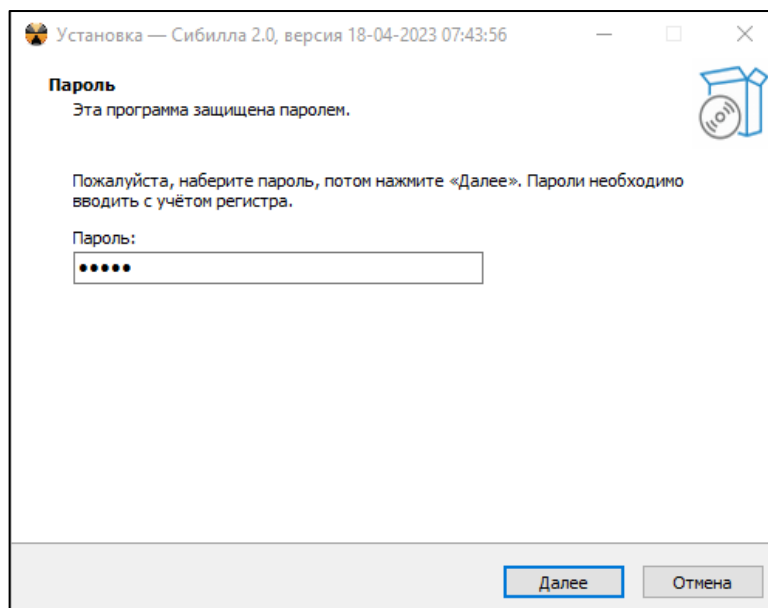


Рисунок 2 – Окно выбора языка установки ПС «Сибилла 2.0»

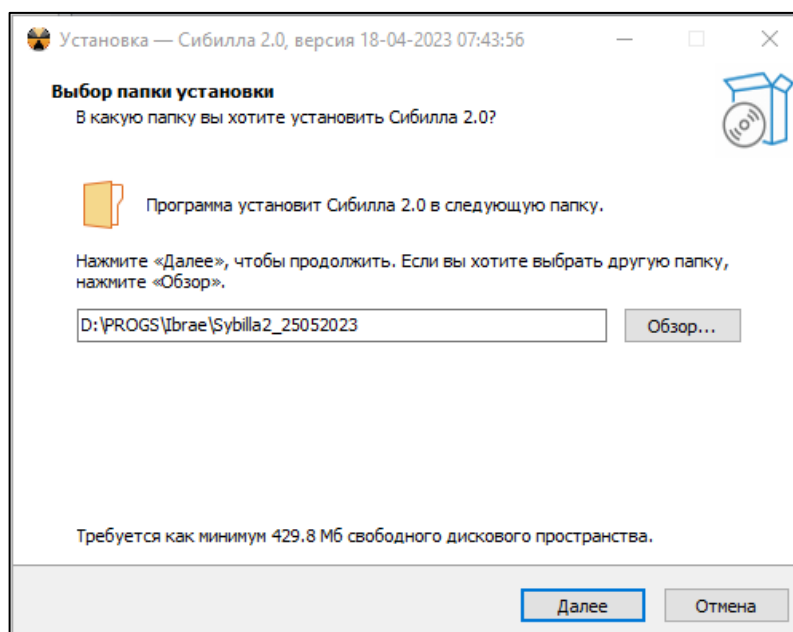


Рисунок 3 – Окно выбора директории установки ПС «Сибилла 2.0»

В следующем окне (см. рисунок 4) требуется подтвердить, что можно начать установку в указанную директорию и нажать кнопку «Установка». После этого начинается установка с копированием файлов программы на ПК пользователя с отображением динамики процесса (см. рисунок 5).

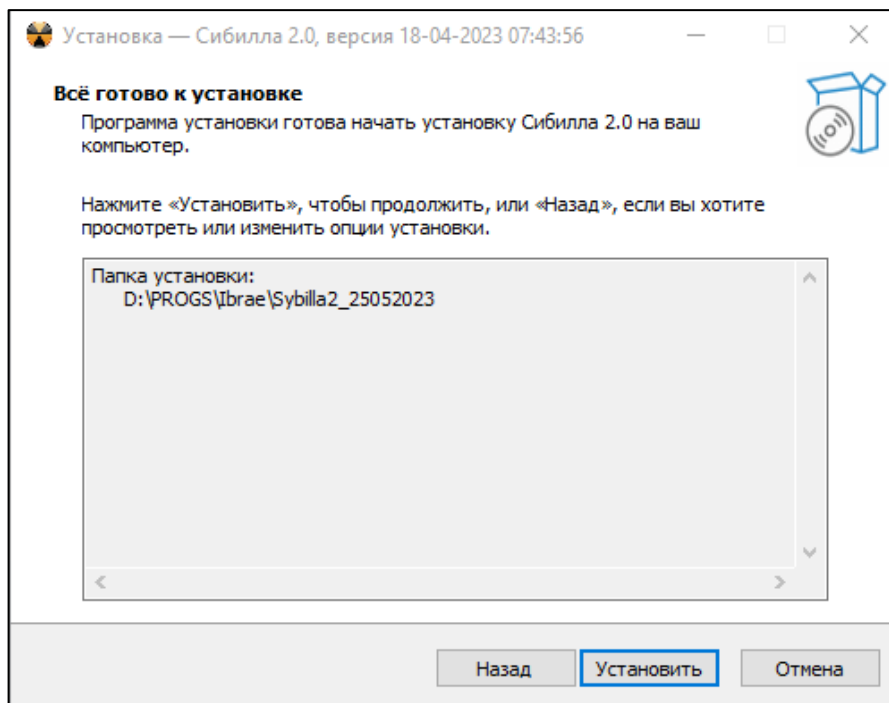


Рисунок 4 – Окно установки ПС «Сибилла 2.0»

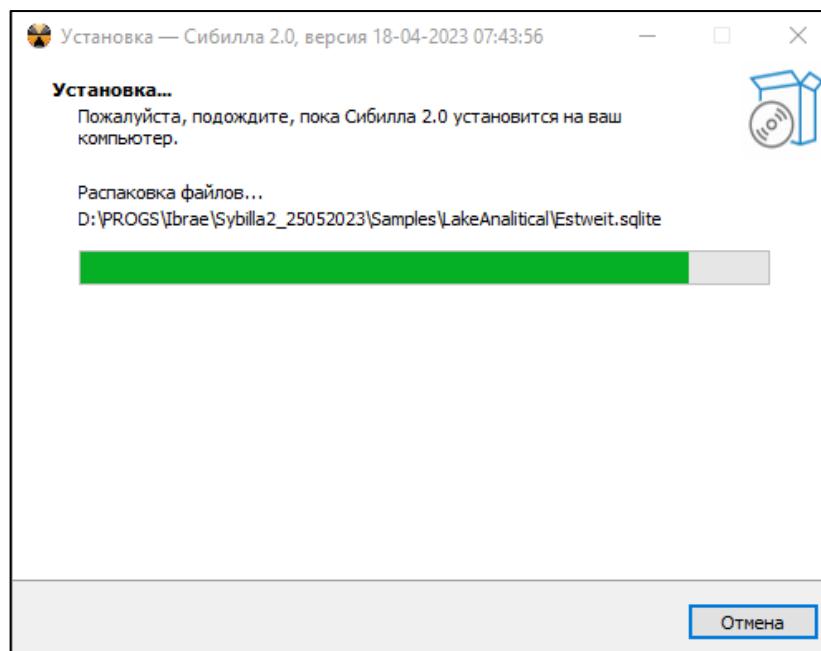


Рисунок 5 – Ход установки ПС «Сибилла 2.0»

После завершения процесса установки программы на ПК появляется соответствующее окно (см. рисунок 6), где флагом будет отмечено поле «Запустить Сибилла 2.0». Если при этом нажать кнопку «Завершить», то после закрытия окна автоматически запустится ПС «Сибилла 2.0», а именно, основной расчетный модуль sybilla2.exe. Флаг можно снять, тогда после закрытия окна запуска программы не произойдет.

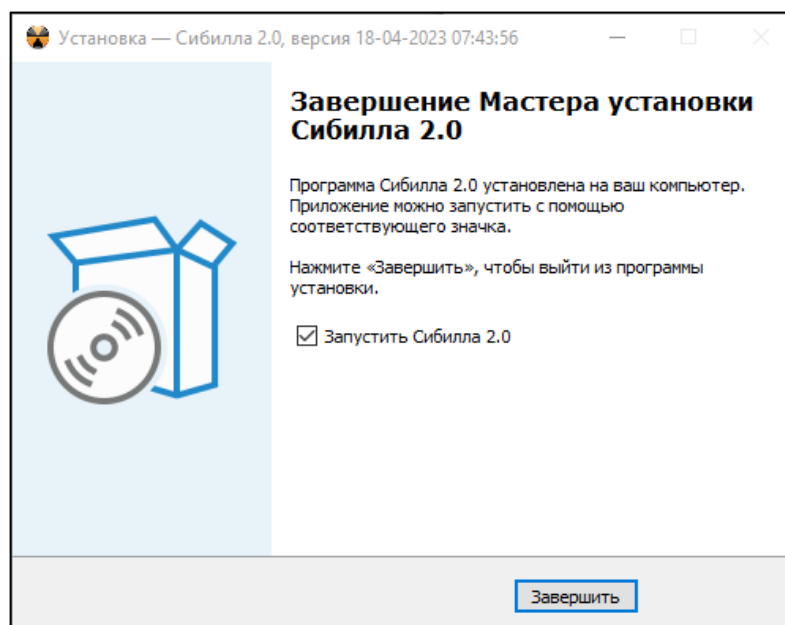


Рисунок 6 – Завершение установки ПС «Сибилла 2.0»

На этом завершается установка ПС «Сибилла 2.0» для автономной работы на ПК через основной интерфейс без использования дополнительного картографического интерфейса. Установка программы для работы с картографическим интерфейсом «Сибилла-ГИС-коннектор» детально описана в инструкции к данному ПС [4].

7 Порядок проведения расчётов через основной интерфейс ПС «Сибилла 2.0»

7.1 Запуск и выбор сценария

7.1.1 Работа через основное окно

В настоящей версии ПС «Сибилла 2.0» в модуле sybilla2.exe реализован основной графический (оконный) интерфейс для решения задач переноса радиоактивных примесей для следующих видов моделей водных объектов:

- аналитическая модель однородного водоема (может быть основана как на двухкамерной, так и на трехкамерной базовой модели);
- численная модель однородного водоема (может быть основана как на двухкамерной, так и на трехкамерной базовой модели);
- численная модель крупного неоднородного водоема, который может быть разделен на отдельные однородные части (может быть основана как на двухкамерной, так и на трехкамерной базовой модели);
- численная модель реки (водотока), базирующаяся на двухкамерной базовой модели.

Запустить ПС «Сибилла 2.0» в режиме своего основного оконного интерфейса после процедуры установки программы можно, запустив файл «sybilla2.exe», расположенный по пути установки программы в подпапке «bin».

Главное окно программы, которое первым отображается при ее запуске, содержит только заголовок, меню «Файл», позволяющее работать со сценариями расчетов, а также меню «Справка» (см. рисунок 7).

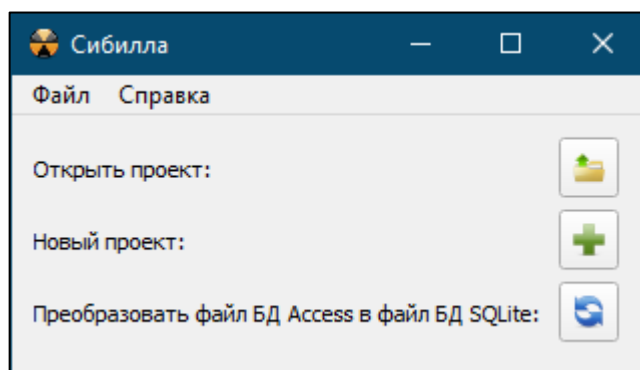


Рисунок 7 – Главное окно ПС «Сибилла 2.0»

При выборе меню «Справка» появляется единственный пункт подменю «О программе», при вызове которого открывается соответствующее окно, в котором приводится номер и дата сборки последней версии программы (см. рисунок 8).

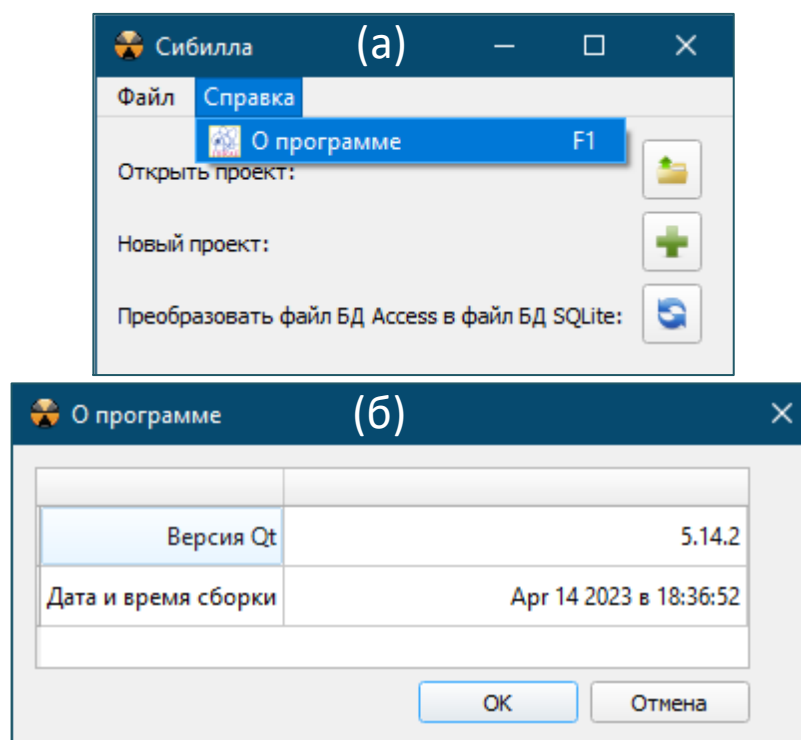


Рисунок 8 – а) меню «Справка»; б) окно «О программе»

При выборе меню «Файл» открывается выпадающее меню со следующим перечнем команд (см. рисунок 9):

- «Открыть проект» – позволяет загрузить готовый вариант сценария из файла базы данных;
- «Новый проект» – позволяет создать новый проект;
- «Преобразовать файл БД Access в файл БД SQLite» – вспомогательная функция для преобразования исходных файлов сценария других расчетных программ к формату файлов ПС «Сибилла 2.0» (SQLite).

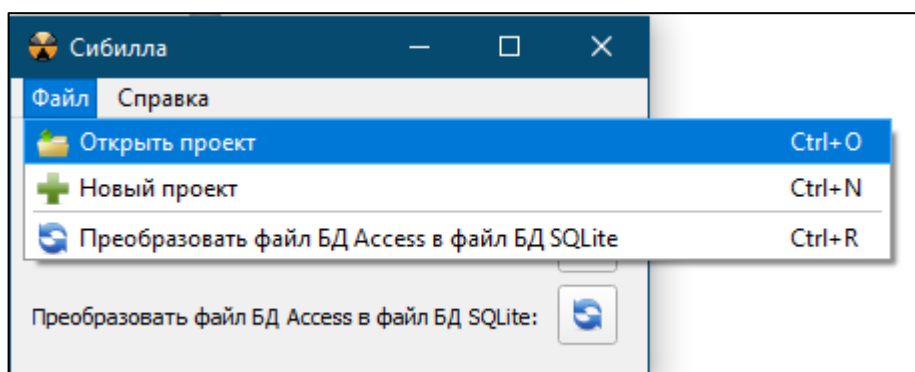


Рисунок 9 – Меню «Файл»

При выборе одной из вышеописанных команд открывается стандартное диалоговое окно для открытия, сохранения или выбора файла (см. рисунок 10). В нем можно увидеть файлы готовых расчетных сценариев для ПС «Сибилла 2.0» с расширением *.sqlite (или *.mdb, если выбран третий пункт), созданных ранее для проведения расчетов по водным объектам различных типов, а также для тестирования программы. Особенность файлов сценариев ПС «Сибилла 2.0» заключается в том, что в них заложен тип водного объекта и доступный для него метод расчета. Таким образом, при считывании сценария из выбранного файла программа автоматически выбирает один из трех реализованных типов расчета (аналитический метод для однородного водоема, численный метод для сложного водоема, численный метод для реки или водотока) и соответствующее ему окно визуального интерфейса.

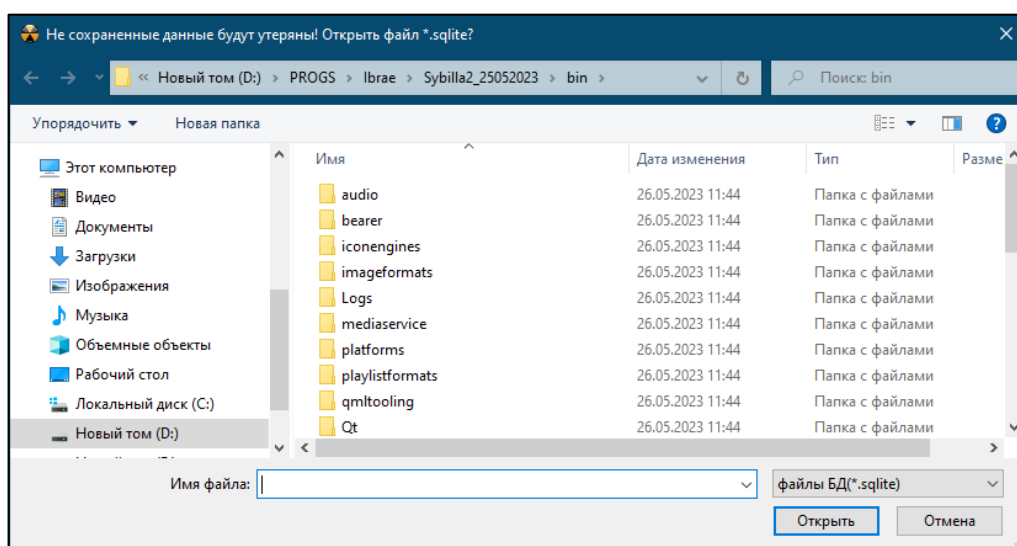


Рисунок 10 – Меню выбора файла исходных данных сценария

Для начала работы пользователь может открыть один из существующих вариантов сценария аварийного распространения радиоактивной примеси для одного из водных объектов, открыв соответствующий файл *.sqlite в директории «Samples». В пакете поставки ПС «Сибилла 2.0» уже имеются файлы сценариев для проведения тестовых расчетов по трем типам водных объектов:

- Windermere.sqlite, Tygish.sqlite, SvyatoeTorf.sqlite, SviatoeGlina.sqlite, Estweit.sqlite, Chervainoe.sqlite, BolshoiSungul.sqlite – однородный водоем;
- tom1.sqlite, tom2.sqlite, techaSr.sqlite, techaPu.sqlite, techaCs.sqlite, Plava.sqlite – реки;

- Kiev.sqlite – сложный водный объект, включающий однородные части;
- Beloya.sqlite, PushmaUpper.sqlite, PushmaDown.sqlite, Iset.sqlite) – сложный водный объект, включающий другие объекты различных типов. Здесь же файлы с окончанием «Malov» и «Pavod» для этих же водных объектов, предназначенные для проведения расчетов в паводок и ив маловодный год.

Пользователь может создать свой сценарий с нуля, выбрав пункт «Новый проект». В этом случае в появившемся окне потребуется ввести (см. рисунок 11):

- название нового проекта;
- путь к директории, где он будет создан;
- тип расчетной модели.

Тип расчетной модели можно выбрать из четырех предложенных вариантов:

- «Численная модель водотока (реки)» – типовая модель для расчета переноса в реках;
- «Численная модель водоема» – модель сложного водоема, который можно представить в виде набора однородных частей;
- «Аналитическая модель однородного водоема» – модель оценки для простого однородного водоема;
- «Модель расчета доз» – выбирается для расчета доз облучения с возможностью для пользователя самостоятельно задать все исходные условия с нуля (после проведенного расчета удельной активности радионуклидов с помощью моделей существует альтернативная возможность вызова окна модели расчета доз с возможностью использования этих результатов в качестве начальных условий в задаче оценки доз).

После задания всех пунктов требуется нажать кнопку «ОК», после чего будет создан соответствующий файл и откроется одно из окон работы с выбранной расчетной моделью.

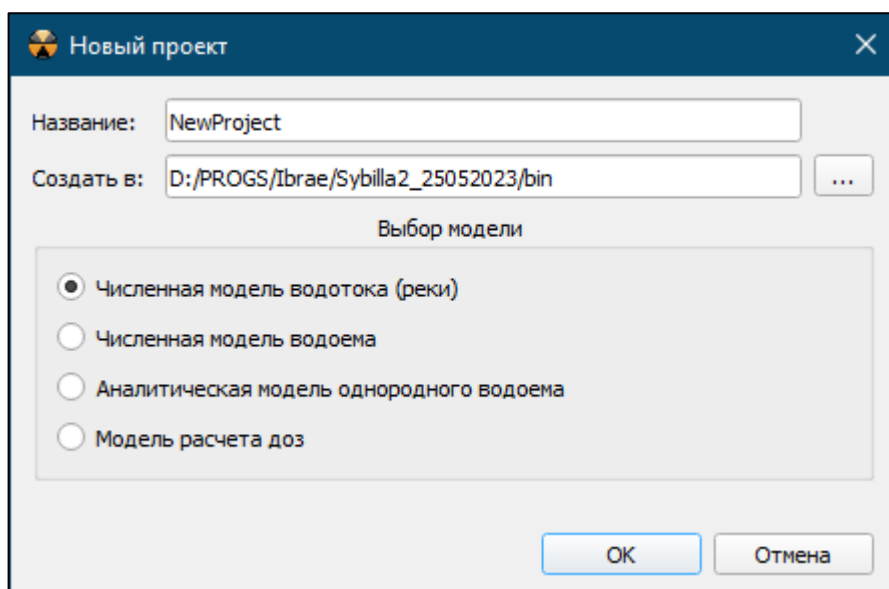


Рисунок 11 – Окно создания нового проекта

При вызове пункта основного меню «Преобразовать файл БД Access в файл БД SQLite» пользователь может выбрать файл сценария формата *.mdb (применявшихся в ПС «Сибилла» предыдущих версий) и сохранить его в формате *.sqlite для дальнейшей работы с ним в ПС «Сибилла 2.0».

7.1.2 Работа через меню «Проект»

Любое из окон проекта содержит строку основного меню с единственным пунктом «Проект». Меню содержит следующие пункты (см. рисунок 12):

- «Новый проект» – открывает окно на рисунке 11 для настройки нового проекта;
- «Открыть проект» – открывает окно для выбора файла существующего, ранее созданного проекта;
- «Сохранить проект» – сохраняет текущий проект и сообщает об успешном сохранении данных;
- «Сохранить проект как...» – открывает типовое окно сохранения файла для указания пользователем нового пути и имени файла;
- «Рассчитать» – запускает процедуру расчета удельной активности радионуклидов в воде и донных отложениях для любого типа водного объекта в соответствии с проектом;
- «Расчет доз» – открывает окно расчёта доз на населения за счет водопользования на загрязненном водном объекте;

- «Расчет воздействия на биоту» – открывает окно расчёта доз на биоту водного объекта;
- «Проверка доступности пакетных расчетов» – проверка наличия файлов для проведения расчетов с системами водных объектов (см. п.11);
- «Пакетный расчет (название)» – запуск активного расчета для системы водных объектов (см. п.11);
- «Создать пакетный расчет» – выход в окно создания нового пакетного расчета. Появляется на месте пункта «Пакетный расчет (название)», если активный пакетный расчет еще не сформирован (см. п.11).

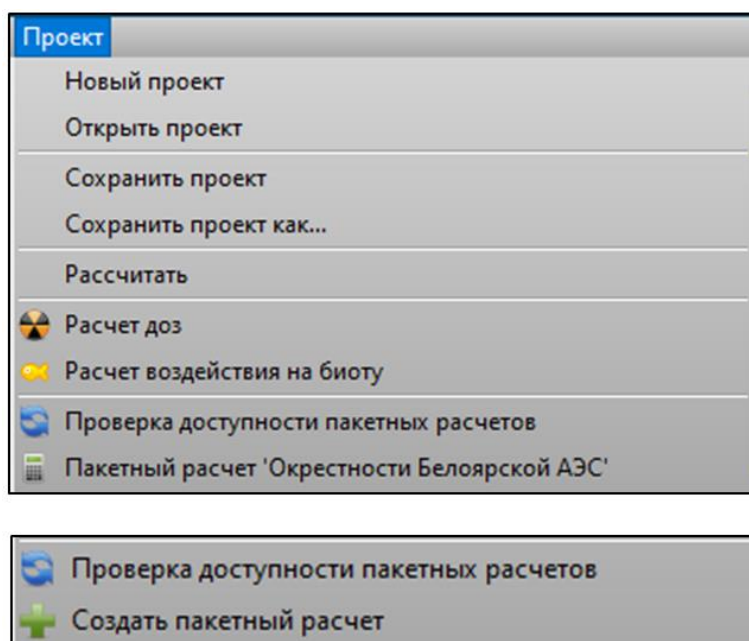


Рисунок 12 – Вид меню «Проект» окна проекта. Сверху: при готовом пакетном расчете; снизу: при отсутствии готового пакетного расчета

При попытке создания или открытия нового проекта программа выдаст окно предупреждения (см. рисунок 13), что прежние несохраненные данные будут утеряны.

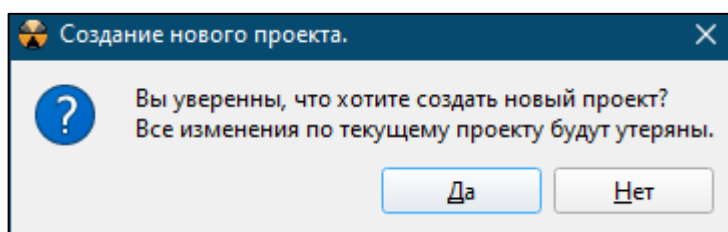


Рисунок 13 – Окно предупреждения закрытия проекта

7.2 Проведение расчета по аналитической модели для однородного водоема

7.2.1 Описание окна аналитической модели

Окно расчета «Аналитический метод» (см. рисунок 14) открывается автоматически в случае загрузки пользователем файла сценария для однородного водоёма. Для него возможен только аналитический подход к расчету переноса радиоактивной примеси. В окне располагаются следующие тематические панели с вкладками для ввода исходных данных расчета:

- «Основное» – перечень характеристик водоема и параметров расчета;
- «Миграционные параметры» – перечень параметров, отвечающих за миграцию радионуклидов в камерах и средах водного объекта;
- «Начальные данные и источник» – параметры, определяющие начальные условия задачи в части содержания радионуклидов в водоеме, а также описывающие источник их поступления в водоём;
- «Результаты» – результаты проведенного расчета в части оценки удельной активности радионуклидов в воде и донных отложениях.

Кроме того, в левой части окна есть приведены два изменяемых списка:

- «Фракции» – группы микрочастиц радиоактивной примеси, различающиеся размерами и миграционными параметрами. Для каждой группы отдельно могут быть заданы условия переноса;
- «Радионуклиды» – в задаче могут одновременно учитываться несколько радионуклидов, для каждого из которых обычно задаются свои параметры как источника.

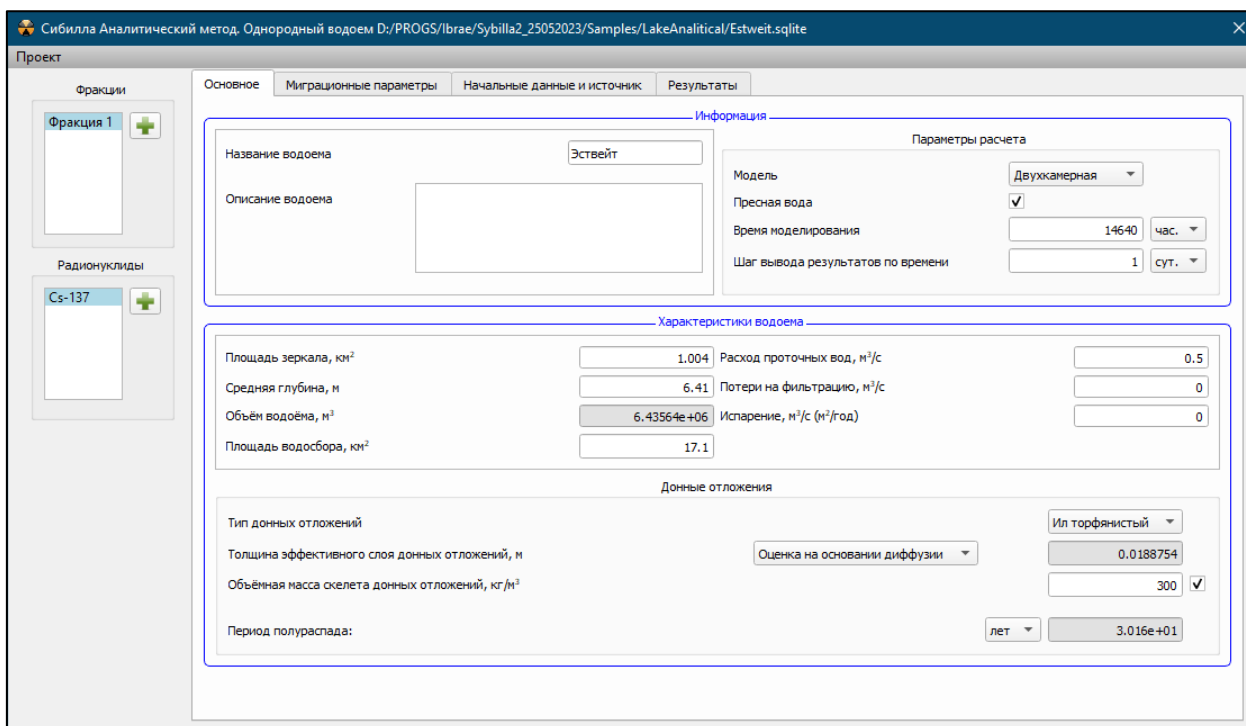



Рисунок 14 – Основная вкладка окна аналитического метода

Все значения параметров во всех вкладках справедливы только для выделенных в текущий момент фракции и радионуклида в соответствующих списках, за исключением тех, которые принципиально являются общими для всех фракций и радионуклидов, например, параметры самого водоема. Ряд параметров рассчитывается автоматически программой в соответствии со встроенными моделями для указанных радионуклида и фракции, а для остальных - значения необходимо вводить вручную. Поля автоматически рассчитываемых параметров отображаются на сером фоне. Рядом с ними присутствует неактивное поле флага (галочки) , что означает автоматический расчет значения в нем. Для ручной установки значения в поле требуется сделать активным флаг рядом с этим полем и ввести известное значение. Фон полей с ручным вводом всегда белый. Необходимо помнить, что при переходе между фракциями и радионуклидами в соответствующих списках значения параметров для них также будут изменяться в полях. При этом уже введенные значения параметров сохраняются в памяти программы на период редактирования всего проекта.

7.2.2 Список «Фракции»

В расчетах всегда присутствует хотя бы одна фракция микрочастиц. Фракция характеризуется:

- условным названием;
- объемной массой скелета донных отложений, кг/м³;
- скоростью осаждения, м/с.

Добавить новую фракцию частиц можно на панели «Фракции» после нажатия кнопки , когда появится окно «Добавление новой фракции» (см. рисунок 15).

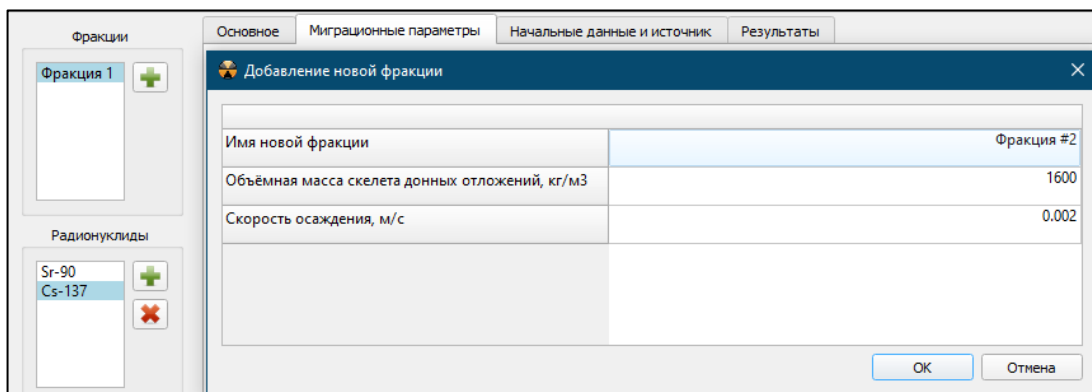





Рисунок 15 – Окно добавления новой фракции примести

В окне необходимо задать значения указанных выше параметров фракции и нажать «ОК». Для удаления фракции из списка необходимо использовать кнопку .

Для разных фракций могут быть заданы различные параметры миграции. Для ручного задания параметра необходимо установить напротив него флаг . В противном случае параметры будут рассчитаны программой автоматически. Необходимо учитывать, что текущие значения параметров на вкладках всегда справедливы только для той фракции, которая в настоящий момент выделена пользователем в списке.

7.2.3 Список «Радионуклиды»

В расчетах всегда присутствует хотя бы один радионуклид, который характеризуется своим обозначением и периодом полураспада. Добавить новый радионуклид в список для учета можно на панели «Радионуклиды» после нажатия кнопки , когда появится окно «Добавление радионуклида» (см. рисунок 16).

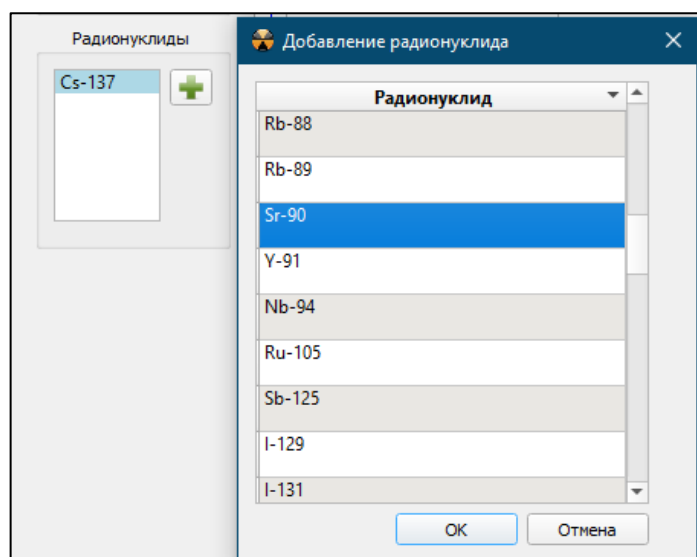



Рисунок 16 – Окно добавления радионуклида

В окне необходимо выбрать название радионуклида из списка и нажать «ОК». Для удаления радионуклида из списка необходимо использовать кнопку .

Для разных радионуклидов могут автоматически рассчитываться некоторые параметры миграции и начальные данные источника. Для ручного задания параметра необходимо установить напротив него флаг (галочку) . В противном случае параметры будут рассчитаны программой автоматически. Необходимо учитывать, что текущие значения параметров на вкладках всегда справедливы только для того радионуклида, название которого в настоящий момент выделено пользователем в списке.

7.2.4 Вкладка «Основное»

Вкладка содержит два основных блока:

- «Информация» – содержит название и общее описание водоёма и параметры расчета;

- «Характеристики водоёма» – содержит конкретные параметры водоема.

Среди параметров расчета пользователь указывает:

- «Модель» – двухкамерная или трёхкамерная (трёхкамерная дает более достоверные результаты в краткосрочном периоде);

- «Пресная вода» – устанавливается флаг, если вода в водоеме пресная. Поле флага пустое, если вода соленая;

– «Время моделирования» – временной период (задается в часах, сутках или годах), на который производится моделирование;

– «Шаг вывода результатов по времени» – временной шаг или частота (в секундах, часах, сутках или годах), с которой будут сохраняться и выводиться результаты расчета.

Для пресных и солёных водных объектов принципиально различаются значения следующих расчетных коэффициентов, используемых в моделях:

– коэффициент распределения «вода – взвесь»;

– коэффициент распределения «поровая вода – донные отложения»;

– коэффициент распределения между сорбированной и растворенной фракциями в обменном слое (для трехкамерной базовой модели);

– коэффициент распределения «вода – дно» (используется при расчете допустимых сбросов);

– коэффициенты накопления радиоактивных веществ в продуктах питания и биоте;

– фактор дозовой конверсии для внутреннего и внешнего облучения биоты, который используется при расчете радиационного воздействия на неё.

Различия значений этих параметров для пресных и соленых водных объектов автоматически проявляются в случае их автоматической оценки программой, то есть тогда, когда рядом с их полями не установлен флаг ручной установки значений.

Среди характеристик водоема пользователь должен вручную задать следующие параметры (или скорректировать уже имеющиеся значения):

– «Площадь зеркала (водоема), кв.км»;

– «Средняя глубина, м»;

– «Объем водоема, м³» – (рассчитывается автоматически на основании площади и глубины и не может быть введен вручную);

– «Площадь водосбора, кв.км» – площадь суши, с которой происходит смыв в водоем в естественных условиях;

– «Расход проточных вод, куб.м/с»;

– «Потери на фильтрацию, куб.м/с»;

– «Испарение (расход воды на испарение), куб.м /с·(кв.м/год)».

Вводимые данные по донным отложениям:

- «Тип донных отложений» – выбирается из выпадающего меню из списка: галька, ил глинистый, ил песчанистый, ил торфянистый, морской грунт, песок;
- «Толщина эффективного слоя донных отложений, м» – устанавливается пользователем (необходимо выбрать пункт «Константа» из выпадающего меню) или оценивается автоматически на основании диффузии (см. рисунок 17);
- «Объемная масса скелета донных отложений, кг/куб.м»;
- «Толщина обменного слоя, м» – только для трехкамерной модели (см. рисунок 18);
- «Содержание твердой фазы в обменном слое, кг/куб.м» – только для трехкамерной модели (см. рисунок 18). Следует учесть, что содержание взвесей в обменном слое не может быть меньше, чем в толще воды;
- «Период полураспада» – период полураспада выделенного в списке радионуклида. Всегда берется из библиотеки программы. Может отображаться в часах, сутках или годах.

В зависимости от фракции могут различаться значения параметров: «объемная масса скелета донных отложений» и «содержание твердой фазы в обменном слое». В зависимости от выбранного радионуклида изменяется только параметр «Период полураспада».

Толщина эффективного слоя донных отложений, м	Константа	0.0515351
Объёмная масса скелета донных отложений, кг/м ³	Оценка на основании диффузии	300 <input type="checkbox"/>

Рисунок 17 – Настройка задания толщины эффективного слоя донных отложений

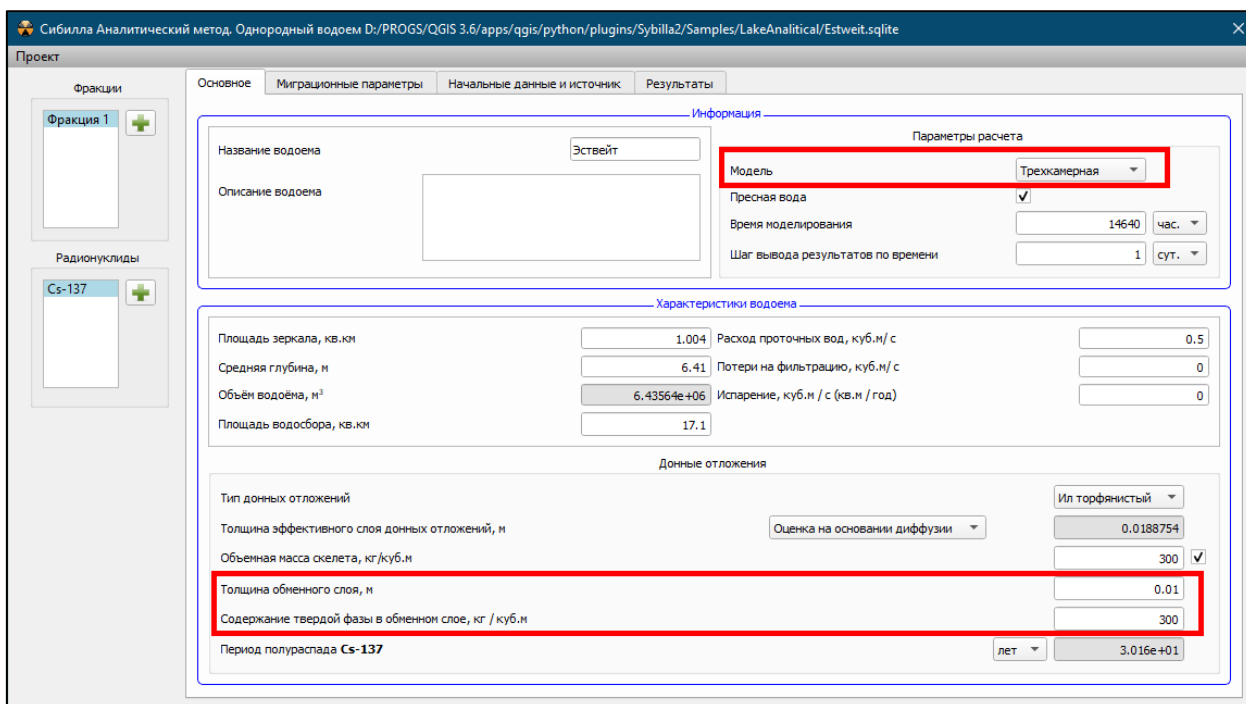


Рисунок 18 – Вид окна аналитического метода при выборе трехкамерной модели водоема

7.2.5 Вкладка «Миграционные параметры»

Вкладка включает в себя три блока параметров и различается их набором для двухкамерной и трехкамерной модели (см. рисунки 19-20):

- «Миграционные параметры»;
- «Параметры сорбции» – в заголовке указывается текущий радионуклид, для которого справедливы отображаемые значения;
- «Коэффициенты массообмена» – одинаковы для всех радионуклидов и фракций.

В блоке «Миграционные параметры» пользователь задаёт значения в полях:

- «Средняя скорость осаждения, м/с» – если фракций в задаче больше, чем одна, то автоматический расчет данного параметра будут недоступен;
- «Удельный поток части из обменного слоя в эффективный, м/с» – только для трехкамерной модели (зависит от фракции);
- «Скорость осадконакопления, м/с» (зависит от фракции);
- «Содержание в воде, кг/м³» (зависит от фракции) – если фракций в задаче больше, чем одна, то автоматический расчет данного параметра будут недоступен;
- «Транспортирующая способность, кг/м³»;

– «Коэффициент самоочистения водосбора (название выделенного радионуклида),
1/с».

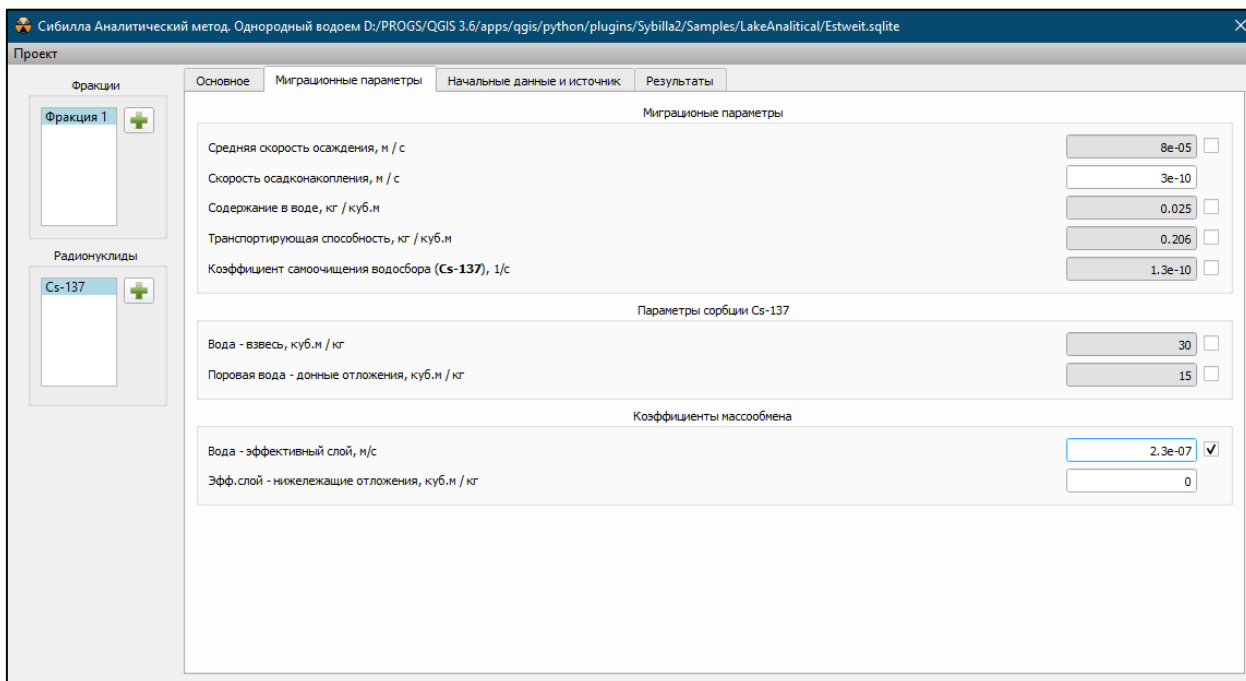


Рисунок 19 – Вкладка «Миграционные параметры» для двухкамерной модели

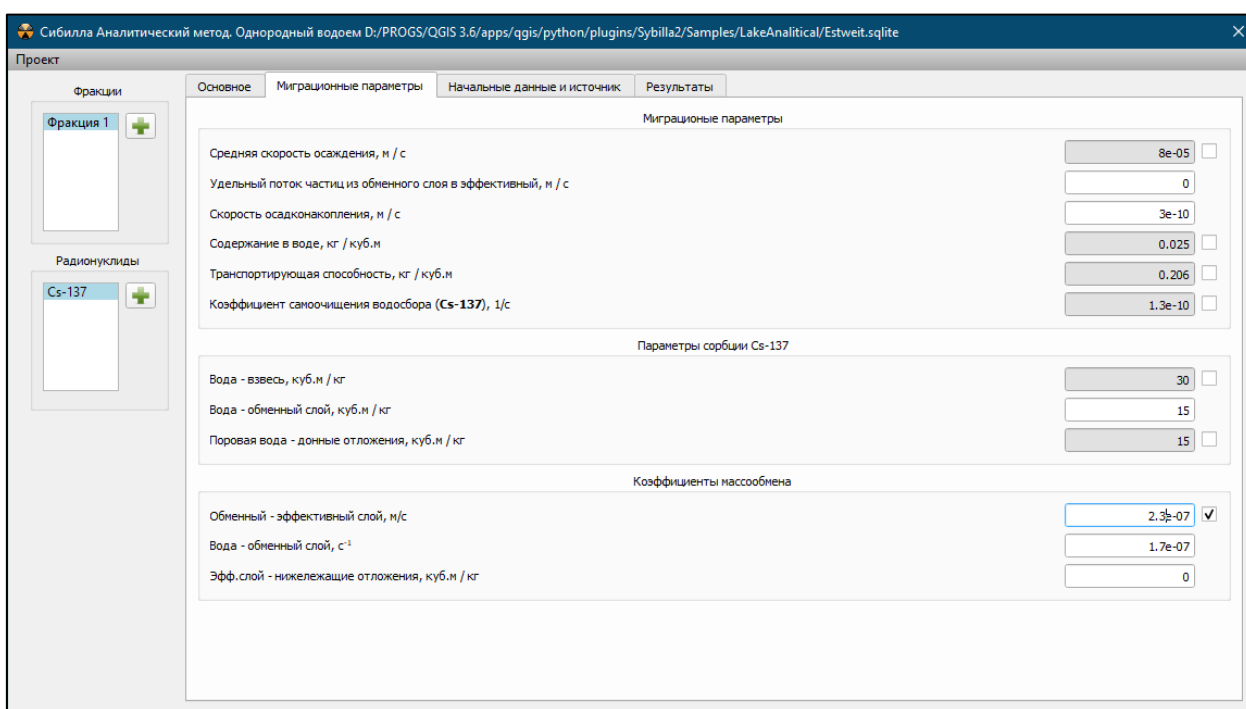


Рисунок 20 – Вкладка «Миграционные параметры» для трехкамерной модели

В блоке «Параметры сорбции» пользователь задаёт (все параметры специфичны для фракции и радионуклида) коэффициенты перехода радионуклида между средами:

- «Вода-взвесь, куб.м/кг»;
- «Вода – обменный слой, куб.м/кг» – только для трехкамерной модели;
- «Поровая вода – донные отложения, куб.м /кг».

В блоке «Коэффициенты массообмена» (параметры общие для всех радионуклидов и фракций) пользователь задаёт:

- «Обменный – эффективный слой, м/с» – только для трехкамерной модели;
- «Вода – обменный слой, 1/с»;
- «Эфф. слой – нижележащие отложения, м³/кг».

7.2.6 Вкладка «Начальные данные и источник»

В данной вкладке из списков присутствует только список «Радионуклиды», так как все содержащиеся на ней параметры относятся к выделенному в списке радионуклиду и являются общими для всех фракций. Состав параметров различается для двухкамерной и трёхкамерной моделей, тип которой задаётся на вкладке «Основное» (см. рисунки 21-22).

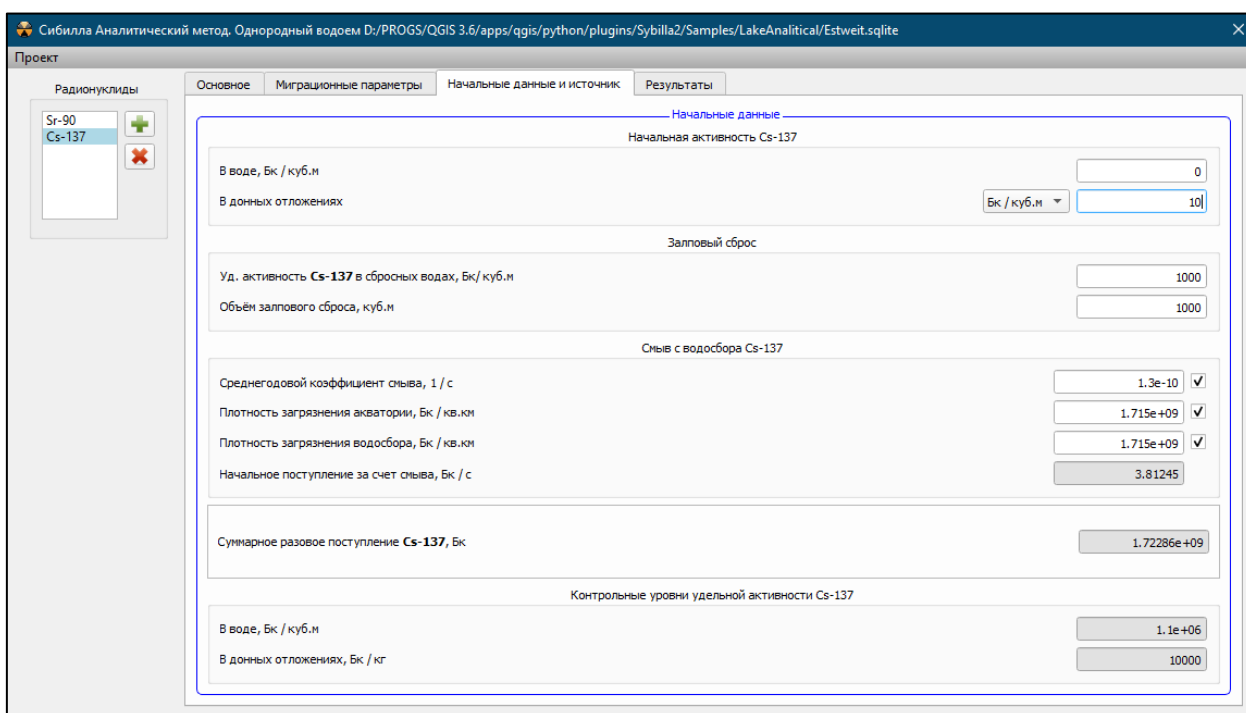


Рисунок 21 – Вкладка «Начальные данные и источник» для двухкамерной модели

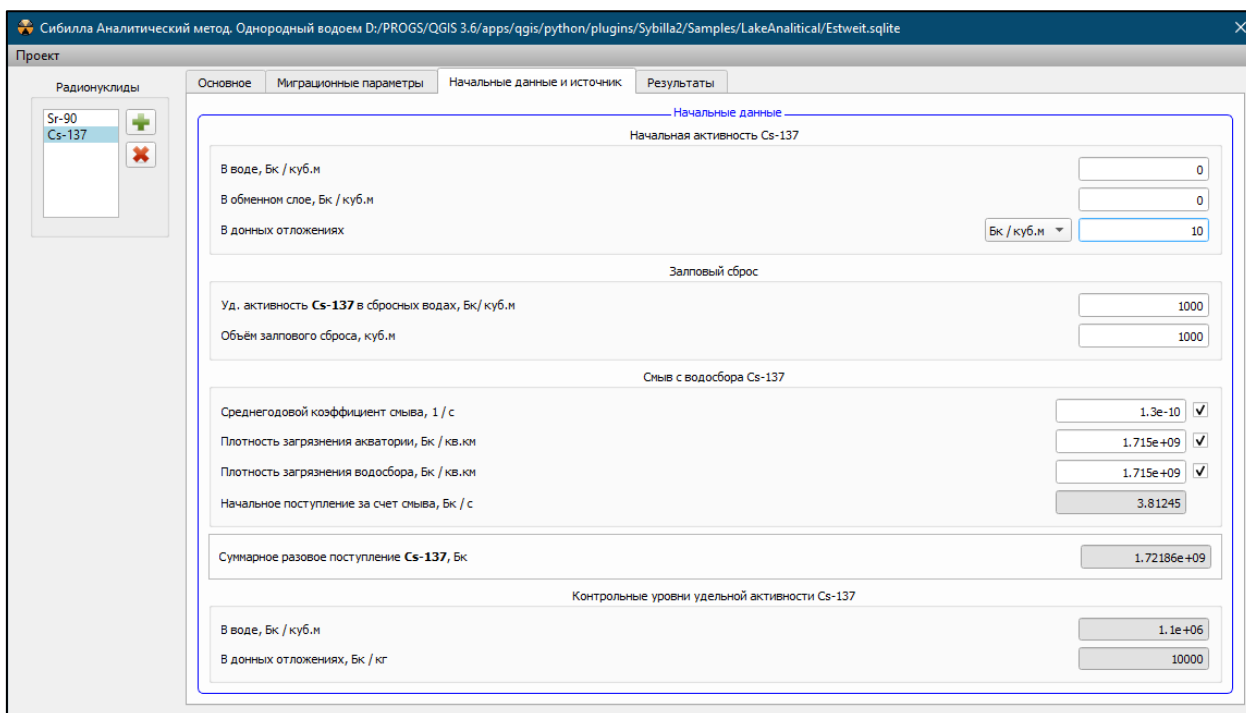


Рисунок 22 – Вкладка «Начальные данные и источник» для трехкамерной модели

В блоке «Начальная активность (радионуклида)» пользователю необходимо ввести параметры для следующих сред:

- «В воде, Бк/куб.м»;
- «В обменном слое, Бк/ куб.м» – только для трёхкамерной модели;
- «В донных отложениях» – можно выбрать размерность Бк/куб.м или Бк/кг.

«Начальная активность (радионуклида)» задается, если в водоеме до начала моделирования уже присутствуют радиоактивные примеси и известна их удельная активность в воде и донных отложениях.

В блоке «Залповый сброс» необходимо указать:

- «Уд. активность (радионуклида) в сбросных водах, Бк/ куб.м» – удельная объемная активность выделенного радионуклида в воде, которая сбрасывается в водоем;
- «Объем залпового сброса, куб.м» – справедлив для всех радионуклидов в выбросе.

«Залповый сброс» означает быстрое поступление активности в водоем вместе с загрязненной водой. Может быть нулевым, если в задаче планируется оценивать только последствия смыва с водосбора.

Под источником «Смыв с водосбора (радионуклид)» подразумевается поступление активности в водоем за счет постепенного смывания активности с грунта в зоне водосбора вокруг водного объекта. В данном блоке пользователю необходимо указать:

- «Среднегодовой коэффициент смыва, 1/с»;
- «Плотность загрязнения акватории, Бк/кв.км»;
- «Плотность загрязнения водосбора, Бк/кв.км»;
- «Начальное поступление за счет смыва, Бк/с».

Параметр «Суммарное разовое поступление, Бк» рассчитывается автоматически на основе значений остальных параметров.

В блоке «Контрольные уровни удельной активности» автоматически отображаются нормативно установленные значения в средах для выделенного радионуклида:

- «В воде, Бк/куб.м»;
- «В донных отложениях, Бк/кг».

7.2.7 Вкладка «Результаты»

После заполнения первых трех вкладок окна аналитической модели однородного водоёма, как и для всех других моделей, необходимо инициировать процесс расчета, вызвав в меню «Проект» основного окна пункт «Расчёт» (см. рисунок 12).

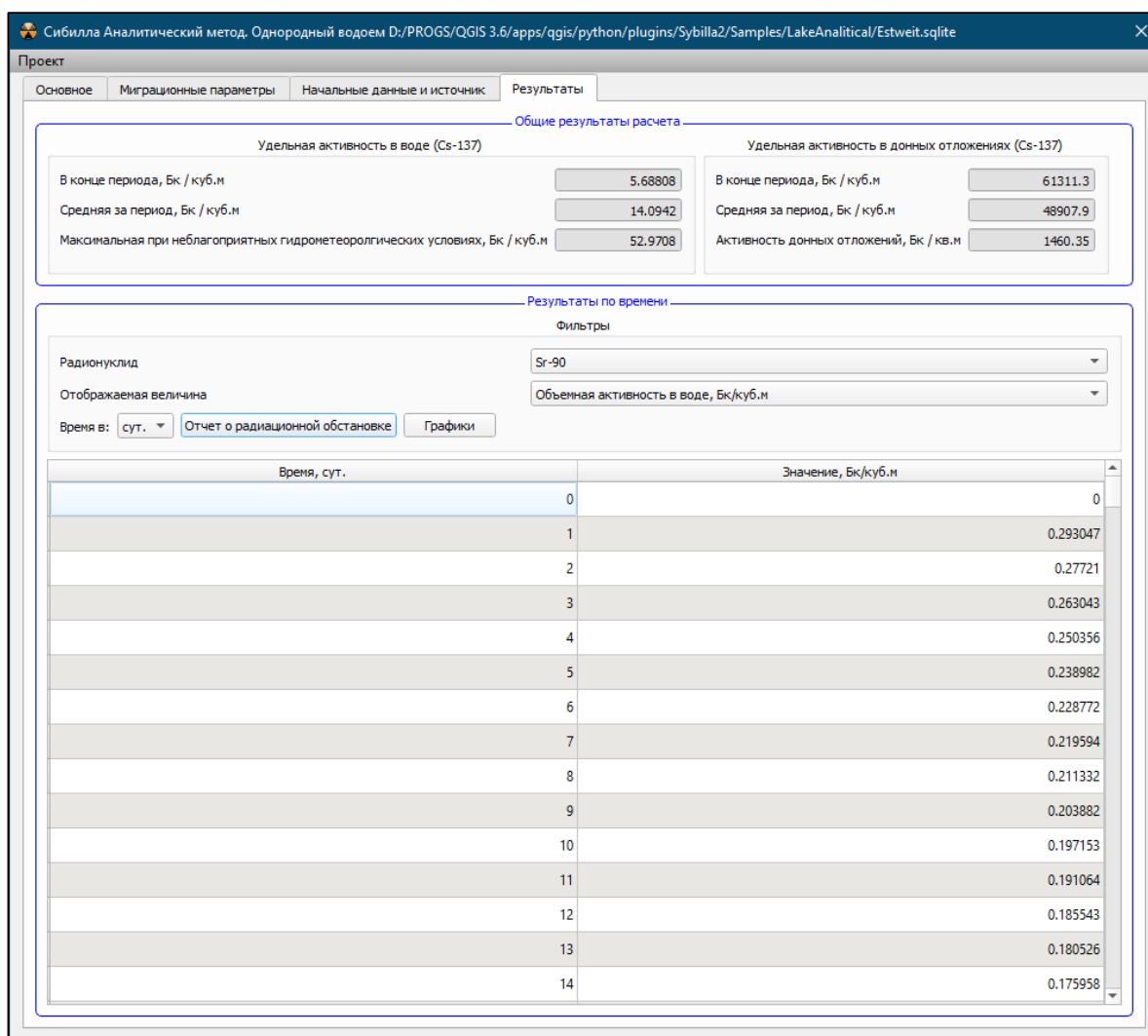


Рисунок 23 – Вкладка «Результаты» для аналитической модели однородного водоёма

На вкладке «Результаты» программа выдает рассчитанные значения удельной активности радионуклидов в воде и донных отложениях. Блок «Результаты расчета» содержит два блока значений:

- «Общие результаты расчета» – конечные, средние и пиковые значения;
- «Результаты по времени» – результаты в динамике в соответствии с заданным временным шагом расчета модели.

«Общие результаты расчета» включают «Удельная активность (радионуклида) в воде, Бк/куб.м»:

- «В конце периода, Бк/куб.м» – на конечный момент периода расчета;
- «Средняя за период, Бк/куб.м» – усредненное значение за период расчета;

– «Максимальная при неблагоприятных гидрометеорологических условиях, Бк/куб.м» – на конечный момент периода расчета с учётом взмучивания, вызванного неблагоприятными гидрометеорологическими условиями.

Результаты включают также «Удельную активность (радионуклида) в донных отложениях»:

- «В конце периода, Бк/куб.м» – на конечный момент периода расчета;
- «Средняя за период, Бк/куб.м» – усредненное значение за период расчета;
- «Активность донных отложений, Бк/кв.м» – удельная поверхностная активность радионуклида.

В блоке «Результаты по времени» результаты отображаются в таблице с двумя столбцами «Время» и «Значение (с размерностью)». Моменты времени начинаются от нуля и идут через шаг вывода результатов до конечного момента периода расчета, заданного на вкладке «Основное» в блоке «Параметры расчета».

Расчетный параметр, для которого выводятся значения, выбираются в блоке «Фильтр», где пользователь выбирает:

- «Радионуклид» – из выпадающего списка справа.
- «Отображаемая величина» – из выпадающего списка справа (см. рисунок 24):
 - а) «Объемная активность в воде, Бк/куб.м»;
 - б) «Объемная активность в донных отложениях, Бк/куб.м»;
 - в) «Объемная активность радионуклида в обменном слое, Бк/куб.м» – только для трехкамерной модели;
 - г) «Активность в донных отложениях на единицу массы, Бк/кг» – удельная массовая активность;
 - д) «Максимальная удельная активность в воде, Бк/куб.м» – активность при наиболее неблагоприятных гидрометеорологических условиях.
- «Время, в» – выпадающий список размерности времени для отображения столбца «Время» – часы или сутки.

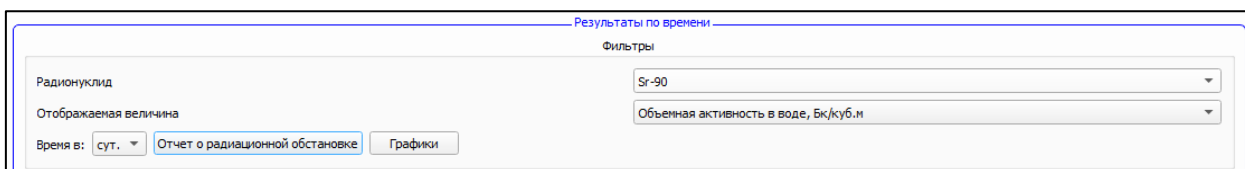


Рисунок 24 – Блок «Фильтры» на вкладке «Результаты» и выпадающий список для выбора отображаемой величины

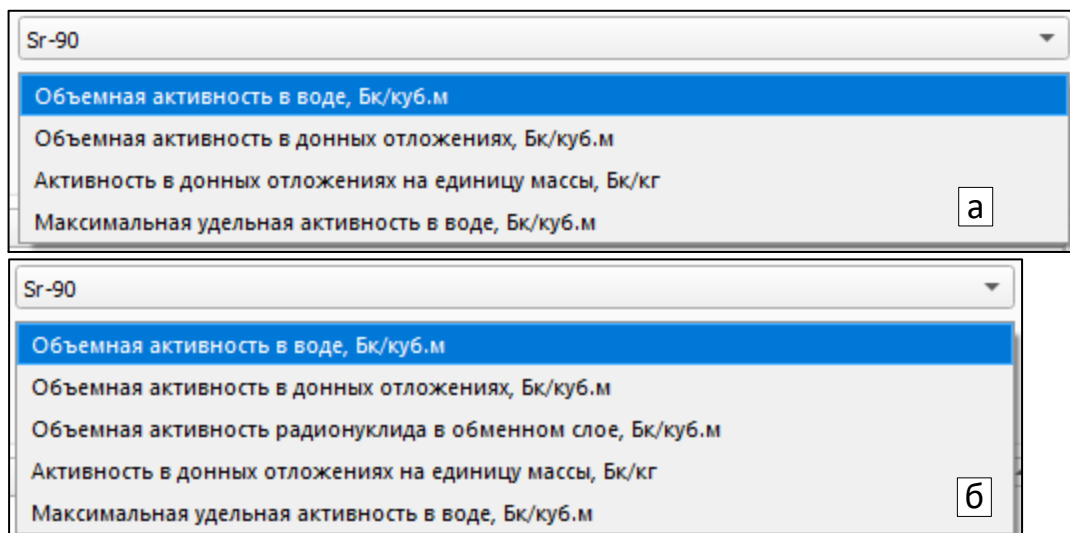


Рисунок 25 – Блок «Фильтры». Выбор типа результата: а) для двухкамерной модели; б) для трехкамерной модели

Из блока «Фильтры» можно вызвать процедуру экспорта результатов в форме отчета в формате *.html, для чего служит кнопка «Отчет о радиационной обстановке». После её нажатия откроется окно сохранения отчета (см. рисунок 26), в котором следует выбрать директорию и указать название отчета, который требуется сохранить. После успешного сохранения появится окно (см. рисунок 26), в котором предлагается открыть отчет или отказаться от этого.

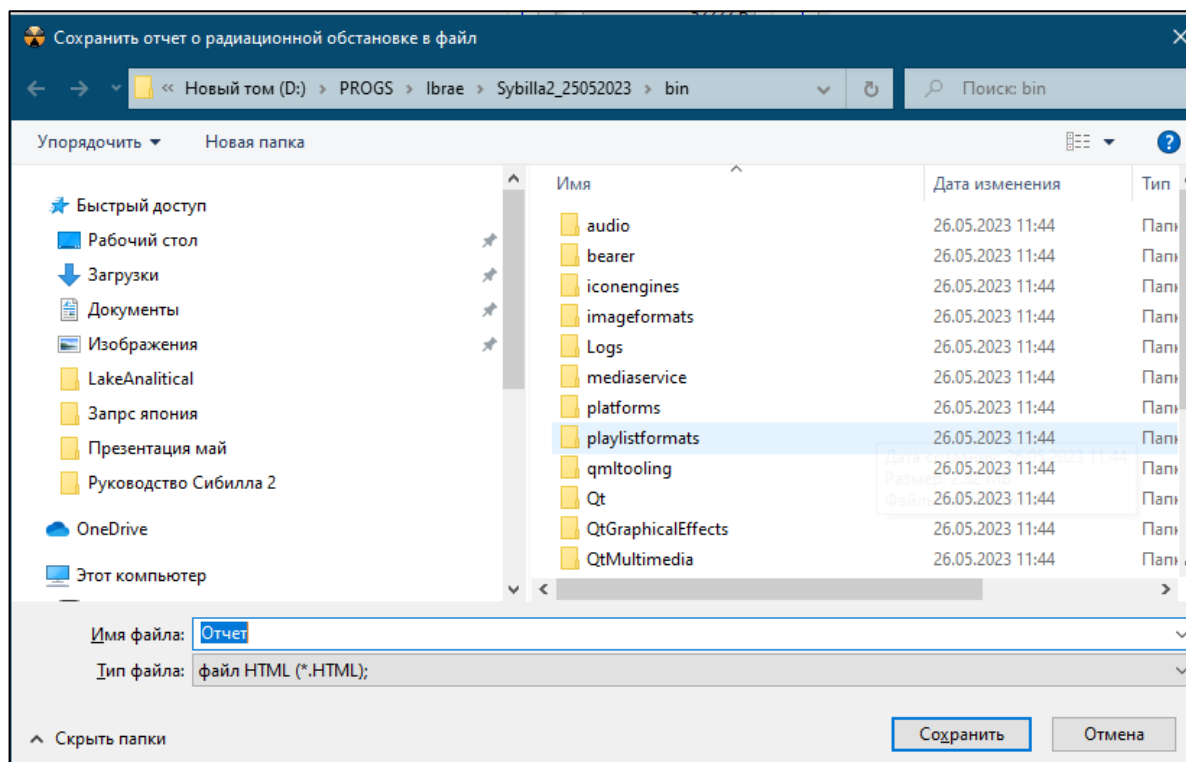


Рисунок 26 – Окно сохранения отчета о радиационной обстановке в файл

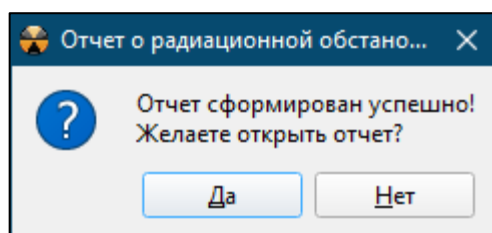


Рисунок 27 – Окно о формировании отчета

В случае, если отчет не будет открыт средствами программы и появится окно предупреждения (см. рисунок 28), то открыть его можно любым Интернет-браузером, установленным на ПК пользователя. Общий вид отчета приведен на рисунке 29. В нем в табличной форме отображаются те же данные, что и в блоке «Результаты по времени» вкладки «Результаты».

Значения отображаемой величины в отчете подсвечиваются различными цветами в соответствии с их величиной и превышением контрольных уровней в соответствии с документами НРБ-99/2009 [9] и ОСПОРБ-99/2010 [10]. Цвета такой подсветки можно настроить в файле sybilla2.sqlite в таблице LimitsConcentrations, используя любой редактор

файлов *.sqlite. Для выбора подходящего цвета можно воспользоваться доступной цветовой палитрой [11].

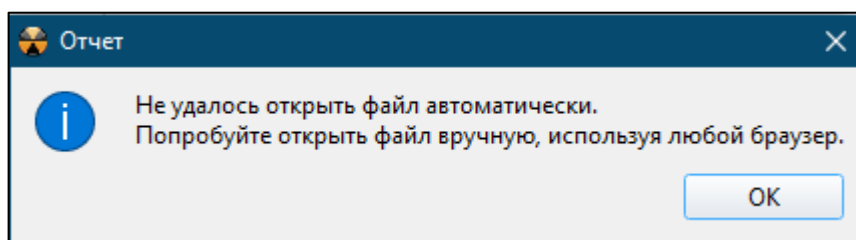


Рисунок 28 – Окно ошибки открытия отчета

Отчет о радиационной обстановке			Суммарная удельная активность в донных отложениях, Бк/кг		
Название водного объекта: 'Эствейт'					
Дата и время отчета: 04-15-2023 18:15:01					
Суммарная объемная активность в воде, Бк/куб.м					
Радионуклид	Время, сут.	Суммарная объемная активность в воде, Бк/куб.м	Радионуклид	Время, сут.	Суммарная удельная активность в донных отложениях, Бк/кг
Cs-137	0	2.00e+01	Cs-137	0	1.05e-02
Cs-137	24	1.80e+02	Cs-137	24	1.03e-02
Cs-137	48	1.12e+02	Cs-137	48	1.07e-02
Cs-137	72	7.03e+01	Cs-137	72	1.13e-02
Cs-137	96	4.40e+01	Cs-137	96	1.19e-02
Cs-137	120	2.75e+01	Cs-137	120	1.26e-02
Cs-137	144	1.72e+01	Cs-137	144	1.33e-02
Cs-137	168	1.08e+01	Cs-137	168	1.41e-02
Cs-137	192	6.82e+00	Cs-137	192	1.48e-02
Cs-137	216	4.32e+00	Cs-137	216	1.56e-02
Cs-137	240	2.75e+00	Cs-137	240	1.64e-02
Cs-137	264	1.77e+00	Cs-137	264	1.72e-02
Cs-137	288	1.16e+00	Cs-137	288	1.80e-02
Cs-137	312	7.82e-01	Cs-137	312	1.88e-02
Cs-137	336	5.43e-01	Cs-137	336	1.96e-02
			Cs-137	360	2.03e-02
			Cs-137	384	2.11e-02
			Cs-137	408	2.19e-02

Рисунок 29 – Вид фрагментов отчета о радиационной обстановке

Фрагмент этого файла приведен на рисунке 30. В столбцах LowerBorder и LevelName отражены значение и название предела, который должно превысить значение величины CodeFunc, чтобы её цвет стал соответствовать обозначению в столбце Color, где C_w – удельная объемная активность радионуклида в воде, а C_b – удельная массовая

активность в донных отложениях. idNucl – код радионуклида в базе данных, просмотреть который можно в том же файле в таблице Nuclides.

	idNucl	CodeFunc	LevelNumb	LowerBorder	LevelName	mapCode	Color
1	600	Cw	0	0	Менее УВ	Beloyar	aqua
2	600	Cw	-1	-1	Нет данных в результатах	Beloyar	blue
3	600	Cb	-1	-1	Нет данных в результатах	Beloyar	blue
4	600	Cb	0	0	Ниже уровня ОСПОРБ	Beloyar	aqua
5	257	Cw	0	0	Менее УВ	Beloyar	aqua
6	257	Cw	-1	-1	Нет данных в результатах	Beloyar	blue
7	257	Cb	-1	-1	Нет данных в результатах	Beloyar	blue
8	257	Cb	0	0	Ниже уровня ОСПОРБ	Beloyar	aqua
9	99	Cw	1	190000	Пропуск	Beloyar	lime
10	99	Cw	2	-1	Пропуск	Beloyar	yellow
11	99	Cw	3	-1	Пропуск	Beloyar	orange
12	99	Cw	4	1000000.0	Выше уровня ЖРО	Beloyar	red
13	600	Cw	1	11000	Выше УВ, но ниже уровня А по НРБ	Beloyar	lime
14	600	Cw	2	100000	Выше уровня А по НРБ, но ниже уровня ЖРО	Beloyar	yellow
15	600	Cw	3	1000000.0	Выше уровня ЖРО, но ниже уровня Б по НРБ	Beloyar	orange
16	600	Cw	4	10000000.0	Выше уровня Б по НРБ	Beloyar	red
17	1	Cw	1	7600000	Пропуск	Beloyar	lime
18	1	Cw	2	76000000.0	Пропуск	Beloyar	yellow
19	1	Cw	3	-1	Пропуск	Beloyar	orange
20	1	Cw	4	100000000.0	Выше уровня ЖРО	Beloyar	red
21	530	Cw	1	1300	Пропуск	Beloyar	lime
22	530	Cw	2	-1	Пропуск	Beloyar	yellow
23	530	Cw	3	-1	Пропуск	Beloyar	orange
24	530	Cw	4	10000	Выше уровня ЖРО	Beloyar	red
25	549	Cw	1	6200	Выше УВ, но ниже уровня ЖРО	Beloyar	lime
26	549	Cw	2	62000	Выше уровня ЖРО, но ниже уровня А по НРБ	Beloyar	yellow
27	549	Cw	3	1000000.0	Выше уровня А по НРБ, но ниже уровня Б по НРБ	Beloyar	orange
28	549	Cw	4	10000000.0	Выше уровня Б по НРБ	Beloyar	red
29	566	Cw	1	10000000.0	Пропуск	Beloyar	lime
30	566	Cw	2	-1	Пропуск	Beloyar	yellow
31	566	Cw	3	-1	Пропуск	Beloyar	orange
32	566	Cw	4	10000000.0	Выше уровня ЖРО	Beloyar	red
33	1182	Cw	1	550	Выше УВ, но ниже уровня А по НРБ	Beloyar	lime
34	1182	Cw	2	5500	Выше уровня А по НРБ, но ниже уровня ЖРО	Beloyar	yellow
35	1182	Cw	3	10000	Выше уровня ЖРО, но ниже уровня Б по НРБ	Beloyar	orange
36	1182	Cw	4	100000	Выше уровня Б по НРБ	Beloyar	red
37	361	Cw	1	10000000.0	Пропуск	Beloyar	lime

Рисунок 30 – Фрагмент таблицы «LimitsConcentrations» файла sybilla2.sqlite

В блоке «Фильтры» присутствует возможность отобразить результаты в виде графика. Для этого служит кнопка «График», по нажатию на которую открывается окно, приведенное на рисунке 31. График отображает в динамике следующие расчетные параметры для радионуклида, выбранного в списке в левой части окна:

- а) «Объемная активность в воде, Бк/куб.м»;
- б) «Объемная активность в донных отложениях, Бк/куб.м»;
- в) «Объемная активность радионуклида в обменном слое, Бк/куб.м»;
- г) «Активность в донных отложениях на единицу массы, Бк/кг»;
- д) «Максимальная удельная активность в воде, Бк/куб.м».

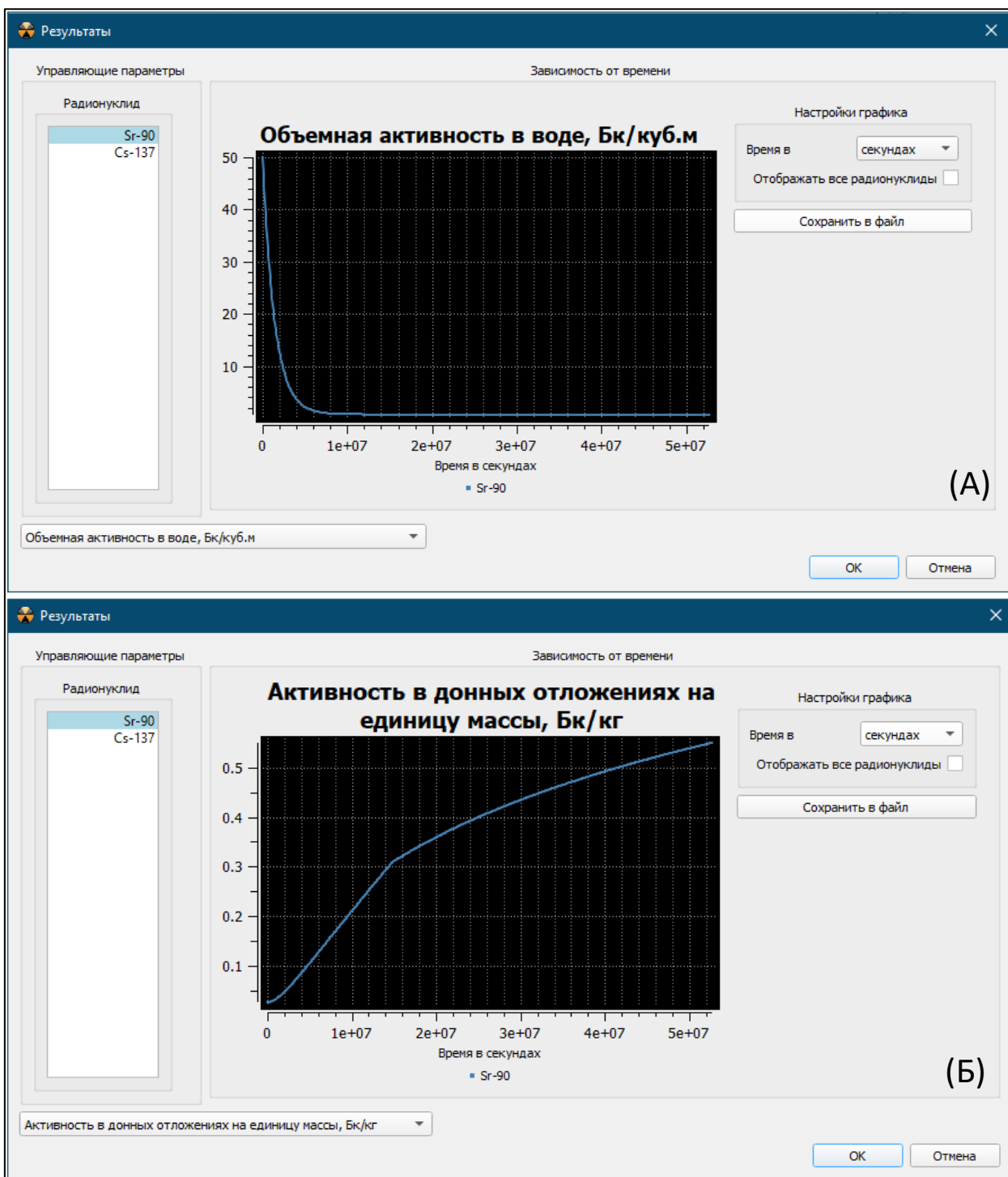


Рисунок 31 – Пример отображения расчетных параметров в динамике через функцию построения графика: А) активность в воде; Б) активность в донных отложениях

Отображаемая функция выбирается из выпадающего списка под графиком. На графике могут быть отображены сразу несколько кривых для всех радионуклидов, для этого необходимо установить флаг «Отображать все радионуклиды». Время на оси


ординат можно выставить в выпадающем списке «Время в»: в секундах, часах, сутках и годах.

Кнопка «Сохранить в файл» позволяет сохранить текущий график в формате *.pdf в том месте, где укажет пользователь.

7.3 Проведение расчетов для рек и водотоков

7.3.1 Работа с динамически изменяющимися параметрами

В ПС «Сибилла 2.0» для рек и водотоков реализована численная модель переноса, при этом параметры водотока могут изменяться на его протяжении и во времени. Изменение параметров водотока может быть плавным или скачкообразным, в зависимости от установок пользователя. Для этого в модели водотока введено понятие створ или ключевых координат по течению реки, для которых задаются известные значения параметров водотока. При этом, створ может являться точкой, в которой происходит скачкообразное изменение параметра водотока либо плавное их изменение до координаты следующего створа.

Для реализации функции изменения отдельных параметров во времени и по течению реки вводится элемент управления , который стоит напротив полей тех параметров, для которых допустима установка таких зависимостей. При нажатии на него открывается окно «Редактор параметра», которое имеет общий вид для всех параметров (см. рисунок 32).

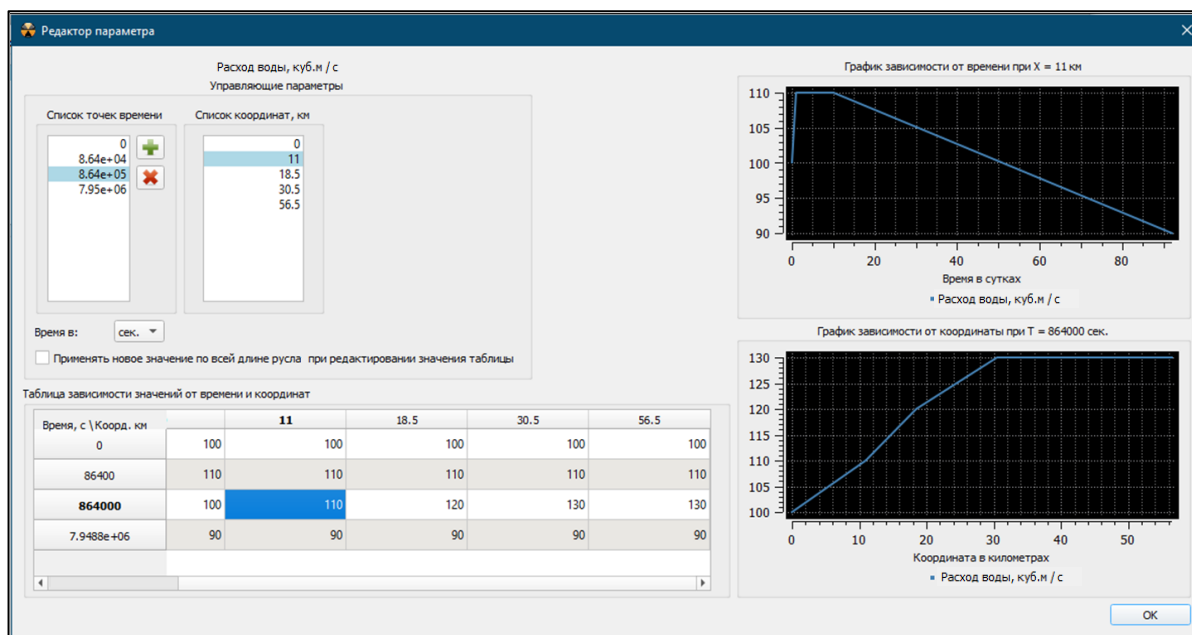


Рисунок 32 – Окно «Редактор параметров»

В левой части окна располагается панель управляющих параметров, над которой указано само название редактируемого параметра (на рисунке 32 это «Расход воды, куб.м/с»).

Управляющие параметры включают:

- «Список точек времени» – временные моменты (относительно начала расчета), к которым будут привязаны значения параметра. Размерность времени может быть выбрана из выпадающего списка ниже: секунды, часы, сутки и года;
- «Список координат, км» – перечень координат створ реки, к которым будут привязаны значения параметра.



В нижней части окна приводится таблица, а которой пользователь вносит значения параметров. По вертикали отмеряется время, а по горизонтали – координаты в соответствии со списками, приведенными выше. В самих полях таблицы следует вносить значения параметра. Если установить флаг «Применять новое значение по всей длине русла при редактировании значения таблицы», то вновь введенное в ячейке значение автоматически будет установлено для данного момента времени для всех створ реки.

В правой части окна приводятся графики зависимости значения параметра:

- от времени (вверху) для определенной координаты створа:
- от координаты створа реки (внизу) для определенного момента времени.

Момент времени и координаты можно выбрать, указывая мышью соответствующие пункты в списках или непосредственно в таблице.

После формирования значений параметра необходимо нажать кнопку «ОК». В поле параметра будет отображен диапазон заданных значений для выделенной в списке координаты в стиле «от 1 до 3» для установленного временного диапазона. Одно конкретное значение отображается в поле, если оно неизменно во времени для данной координаты. Поля таких параметров всегда отображаются серым цветом и редактируются только через окно редактора параметра.

При работе со списком моментов времени его можно редактировать, дополняя или удаляя узловые точки. Для этого служат кнопки добавления  и удаления  записей рядом со списком. При добавлении новой точки открывается соответствующее диалоговое окно, где нужно ввести значение времени и указать в выпадающем списке размерность: секунды, часы, сутки или года (см. рисунок 33). Редактирование списка координат возможно только в списке окна «Водоток (река)» – главном окне модели расчета для водотока.

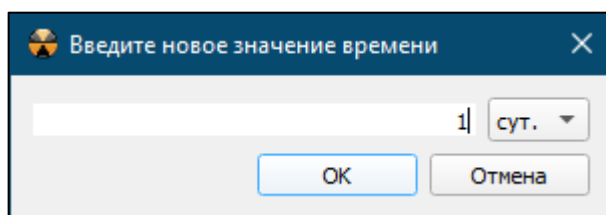


Рисунок 33 – Окно добавления момента времени

7.3.2 Списки главного окна модели водотока

При создании или открытии проекта расчета для реки или водотока открывается главное окно «Водоток (река)», по своему виду напоминающее аналогичное окно расчета для аналитического расчета для однородного водоема. Окно также содержит четыре вкладки: «Основное», «Миграционные параметры», «Начальные, граничные данные и источник» и «Результаты» (появляется только после проведения расчета).



В левой части окна располагаются списки управляющих параметров, для которых актуальны параметры расчета, отображаемые на вкладках в правой части окна (см. рисунок 34):

– «Координаты вдоль русла, км» – координаты створа реки от точки сброса. Присутствуют на всех трёх вкладках;

– «Радионуклиды» – радионуклиды, участвующие в расчете. Присутствуют на вкладках «Миграционные параметры» и «Начальные, граничные данные и источник»;

– «Фракции» – фракции мелкодисперсных частиц радиоактивной примеси, присутствующие в сбросах. Присутствуют только на вкладках «Миграционные параметры».

Списки «Радионуклиды» и «Фракции» настраиваются и редактируются точно так же, как это описано в п.7.2.2-7.2.3.

Список «Координаты вдоль русла, км» может редактироваться с помощью кнопок  и . При добавлении появляется соответствующее окно (см. рисунок 35), где в единственном поле следует ввести значение в километрах и нажать «ОК».

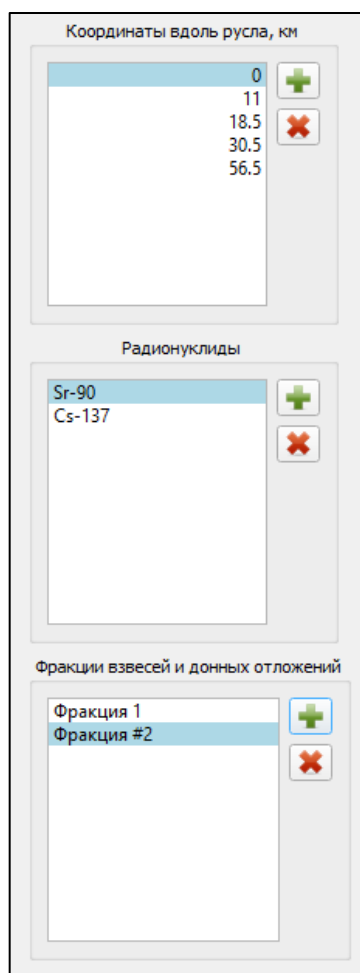


Рисунок 34 – Списки управляющих параметров модели реки

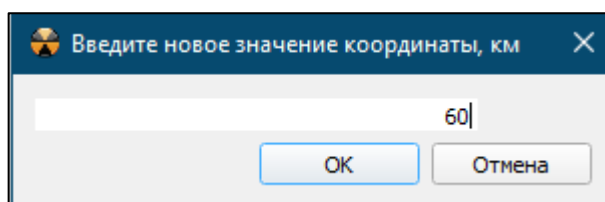


Рисунок 35 – Диалоговое окно добавление новой координаты

7.3.3 Вкладка «Основное»

Вкладка включает в себя три блока данных (см. рисунок 36):

- «Параметры модели» – параметры расчетной модели;
- «Основные параметры (км)» – параметры водотока/реки для створа в выбранной координате вдоль русла;
- «Донные отложения» – параметры донных отложений для створа в выбранной координате вдоль русла.

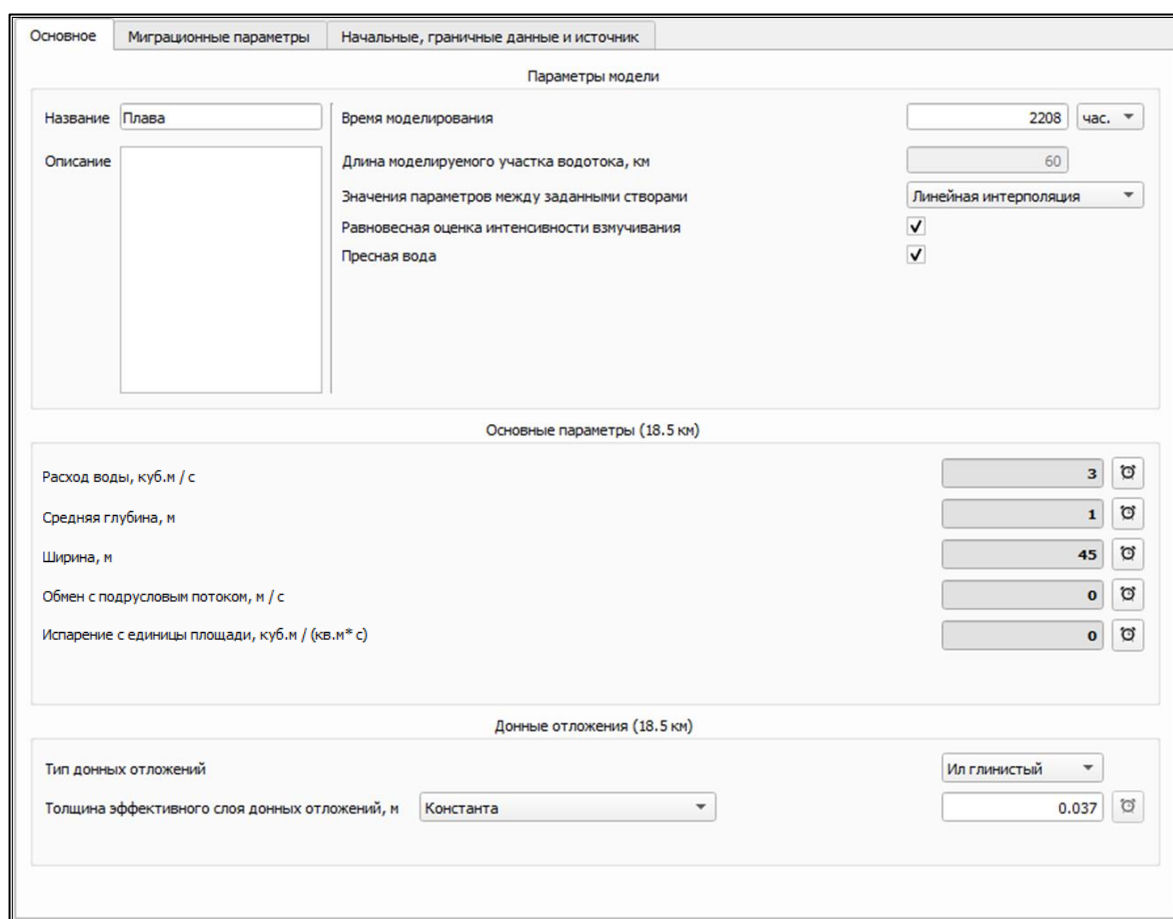


Рисунок 36 – Вкладка «Основное» модели реки/водотока

Параметры модели включают:


- «Название» и «Описание» – название и общее описание реки.
- «Время моделирования» – в часах, сутках или годах.
- «Значения параметров между заданными створами» – выбирается из выпадающего списка один из двух вариантов:

- а) «Линейная интерполяция» – значение между створами меняется линейно от створа к створу;

- б) «Фиксированное значение» – значение между створами соответствует значению в верхнем створе.

- «Равновесная оценка интенсивности взмучивания» – устанавливается флаг, если применяется равновесная оценка. Если флаг не установлен, то интенсивность взмучивания устанавливается вручную для каждого створа реки на вкладке «Миграционные параметры»;

- «Пресная вода» – флаг устанавливается, если вода в реке пресная.

Основные параметры все задаются через дополнительное меню редактирования параметра с учетом динамики после нажатия на кнопку  для координат вдоль русла и момента времени:

- «Расход воды, куб.м/с»;

- «Средняя глубина, м»;

- «Ширина, м»;

- «Обмен с подрусловым потоком, м/с»;

- «Испарение с единицы площади, куб.м/(кв.м*с)».

Параметры донных отложения включают (см. рисунок 37):

- «Тип донных отложений» – выбирается из выпадающего списка: галька, ил глинистый, ил песчанистый, ил торфянистый, морской грунт, песок;

- «Толщина эффективного слоя донных отложений, м» – из выпадающего меню выбирается тип задания параметра:

- а) «Константа» – постоянное значение;

- б) «Кусочно-линейная функция» – задается через редактор в динамике для каждого радионуклида отдельно;

- в) «Оценка на основе коэфф. диффузии» – автоматический расчет на основе алгоритмов программы.

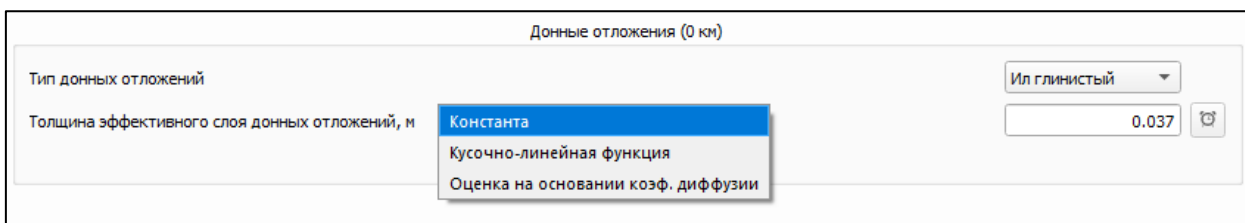



Рисунок 37 – Блок «Донные отложения» для река и водоток

По кнопке  вызывается окно редактора параметра (см. рисунок 38), где настройка значений производится так же, как описано в п.7.3.1. Кроме того, в данном окне добавляется список радионуклидов помимо списка точек времени и координат.

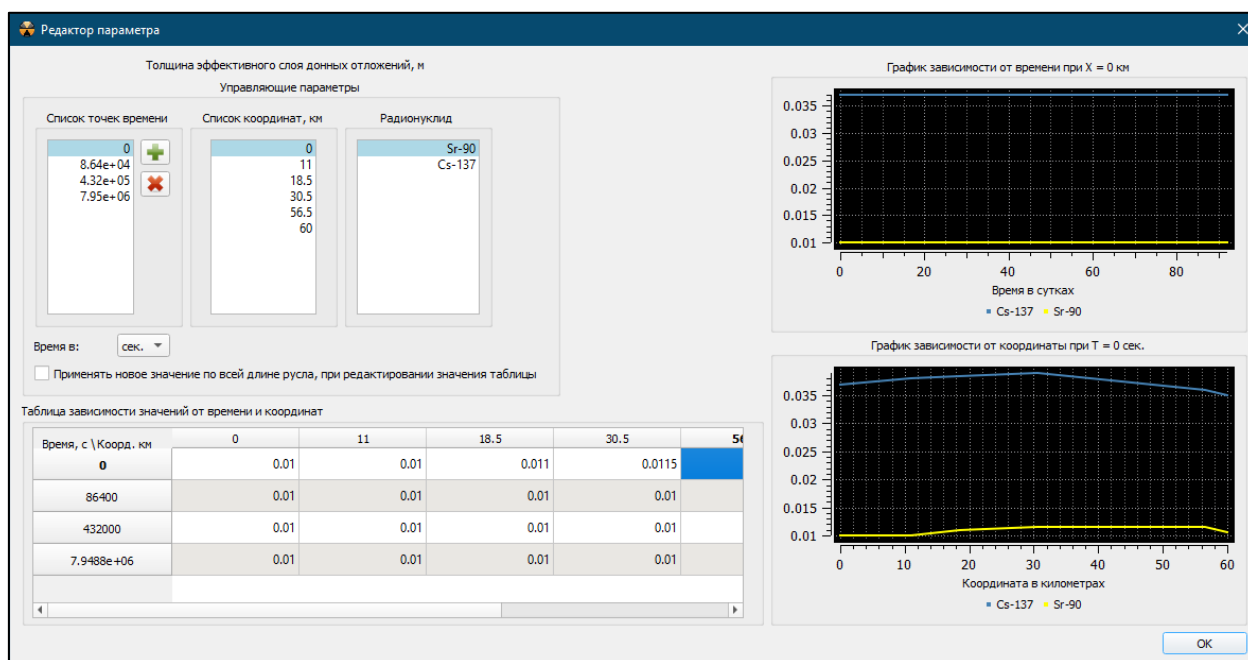


Рисунок 38 – Редактор параметров для толщины фээффективного слоя донных отложений

7.3.4 Вкладка «Миграционные параметры»

Для данной вкладки активны все три списка управляющих параметров, так как значения параметров сорбции являются специфичными для радионуклидов, а свойства взвесей – специфичны для различных фракций микрочастиц. Вид вкладки отображен на рисунке 39.

Следует также учитывать, что для моделирования переноса в реке или водотоке в «Сибилла 2.0» используется двухкамерная модель водного объекта, но при этом, помимо эффективного слоя донных отложений, используется дополнительный слой нижележащих отложений. При этом данную модель нельзя считать трехкамерной.

На вкладке три блока данных, определенных для выбранного в списке створа реки, координаты которого вдоль русла указываются в скобках:

- «Параметры сорбции (название радионуклида) фракции (название фракции)» – специфичны для радионуклида и фракции;
- «Параметры (название фракции) на взвесах и в донных отложениях» – специфичны для фракции;
- «Диффузия и дисперсия» – общие для радионуклидов и фракций.

Дополнительно внизу вкладки приводится значение периода полураспада текущего (выделенного в списке) радионуклида, для которого можно выбрать размерность: часы, сутки и годы.

Параметры сорбции включают:

- «Коэффициент распределения вода – взвесь, куб.м/кг»;
- «Коэффициент распределения между поровой водой и донными отложениями, куб.м / кг».

Section	Parameter	Value	Units	Checkboxes
Параметры сорбции Sr-90 фракции 'Фракция 1' (18.5 км)	Коэффициент распределения вода - взвесь, куб.м / кг	2		<input type="checkbox"/>
	Коэффициент распределение между поровой водой и донными отложениями, куб.м / кг	0.01		<input type="checkbox"/>
Параметры Фракция 1 на взвесах и в донных отложениях (18.5 км)	Содержание в воде, кг / куб.м	От 0.0037 до 0.0063		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
	Средняя скорость осаждения, м / с	0.003		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
	Объемная масса скелета, кг/куб.м	800		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
	Интенсивность взмучивания, м / с			<input type="checkbox"/>
	Скорость осадконакопления суммарная, м / с	3.17e-11		<input type="checkbox"/>
	Скорость осадконакопления фракции, м / с	0		<input type="checkbox"/>
	Физическая плотность частиц, кг / куб.м	714		
Диффузия и дисперсия (18.5 км)	Коэффициент массообмена между водой и эффективным слоем донных отложений, м/с	2.3e-08		<input type="checkbox"/>
	Коэффициент массооб. между эффективным слоем и нижележащими донными отложениями, м/с	-3.17e-08		<input type="checkbox"/>
	Коэффициент продольной дисперсии, кв.м / с	0		<input type="checkbox"/>
Период полураспада Sr-90	28.7821	лет	<input type="checkbox"/>	

Рисунок 39 – Вкладка «Миграционные параметры» модели реки/водотока

Параметры для взвесей и отложений включают:

- «Содержание (взвеси) в воде, кг/куб.м»;
- «Средняя скорость осаждения, м/с»;
- «Содержание в донных отложениях, кг/куб.м»;
- «Интенсивность взмучивания, м/с» – только, когда не установлен флаг «Равновесная оценка интенсивности взмучивания» на вкладке «Основное»;
- «Скорость осадконакопления суммарная, м/с»;
- «Скорость осадконакопления фракции, м/с»;
- Физическая плотность частиц, кг/куб.м.

Все параметры для взвесей и отложений, кроме физической плотности частиц, задаются через редактор параметров и могут быть настроены в динамике и индивидуально для каждой фракции с учетом координаты по току реки, как это приведено на рисунке 40. Исключение составляет параметр «Скорость осадконакопления суммарная, м/с», где отсутствует список фракций.

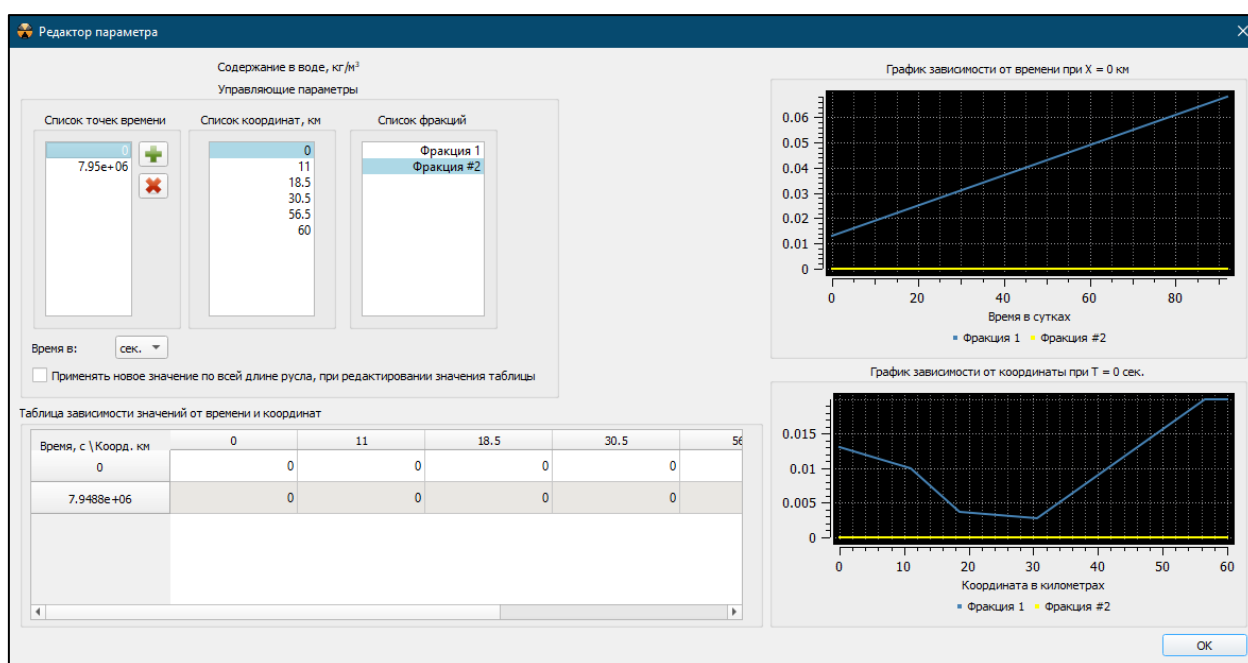


Рисунок 40 – Окно редактора параметров для содержания взвесей в воде

В параметрах диффузии и дисперсии присутствуют:

- «Коэффициент массообмена между водой и эффективным слоем донных отложений, м/с»;
- «Коэффициент массооб. между эффективным слоем и нижележащими донными отложениями, м/с»;

– «Коэффициент продольной дисперсии, кв.м/с».

7.3.5 Вкладка «Начальные, граничные данные и источник»

Вид вкладки «Начальные, граничные данные и источник» приведен на рисунке 41. Для вкладки активны только списки координат вдоль русла реки и радионуклидов. На вкладке всего присутствуют три блока:

– «Начальная активность (радионуклида)» – изначальная загрязненность водного объекта до того, как произошло попадание загрязнителя. Задается для выбранных координат створа, указываемых в скобках:

а) «Активность в воде, Бк/куб.м»;

б) «Активность в эффективном слое донных отложений» – можно выбрать Бк/кг или Бк/куб.м.

– Граничные условия для (радионуклида) – состояние воды и донных отложений в начале координат или водном объекте, находящемся выше по течению:

а) Флаг «вычислять начальные граничные значения (при коорд. $X=0$) для донных отложений» – активность в донных отложениях вычисляют алгоритмы программы;

б) «Активность в воде, Бк/куб.м» – настраивается в редакторе параметров для каждого радионуклида и разных временных точек;

в) «Активность в донных отложениях, Бк/куб.м» – настраивается в редакторе параметров для каждого радионуклида и разных временных точек. Отображается только при отключенном флаге «вычислять начальные граничные значения (при коорд. $X=0$) для донных отложений».

– Источник поступления (радионуклида): «Суммарное, Бк/(м·с)» – Представляет собой интенсивность поступления радионуклида по активности на единицу протяженности русла или береговой линии. Настраивается в редакторе параметров для каждого радионуклида, координат по течению реки и разных временных точек.

Основное | Миграционные параметры | **Начальные, граничные данные и источник** | Результаты

Начальная активность Cs-137 (0 км)

Активность в воде, Бк/куб.м: 7.4

Активность в эффективном слое донных отложений: Бк / кг, 573.614

Граничные условия для Cs-137

Вычислять начальные граничные значения (при коорд. X=0) для донных отложений

Активность в воде, Бк / куб.м: От 7.4 до 24.05

Активность в донных отложениях, Бк / куб.м: 286807

Источник поступления Cs-137 (0 км)

Суммарное, Бк / (м * с): 0.04327

Рисунок 41 – Вкладка «Начальные, граничные данные и источник» модели реки/водотока

7.3.6 Вкладка «Результаты»

Вкладка «Результаты» появляется после заполнения предыдущих вкладок и вызова пункта «Рассчитать» меню «Проект». Перед процедурой расчета требуется заполнить форму «Настройка параметров расчетной сетки» (см. рисунок 42).

Настройка параметров расчетной сетки

Количество шагов по координате: 600 ✓

Количество шагов по времени: 22981 ✓

Шаг вывода результатов по времени: 864000 сек. ▾

Шаг вывода результатов по координате, м: 941.667

OK Отмена

Рисунок 42 – Окно «Настройка параметров расчетной сетки»

Форма содержит следующие параметры:

– «Количество шагов по координате» – общее количество узлов расчетной сетки вдоль реки. Чем больше шагов, тем более детальным и длительным будет расчет. Если снять флаг рядом с полем, то это значение программа установит сама в соответствии со своими алгоритмами оптимизации;

– «Количество шагов по времени» – общее количество временных шагов расчетной сетки. Чем больше шагов, тем более детальным и длительным будет расчет.

Если снять флаг рядом с полем, то это значение программа установит сама в соответствии со своими алгоритмами оптимизации;

– «Шаг вывода результатов по времени» – временной шаг, с которым будут выводиться в итоговую таблицу результаты расчета (обычно он значительно превышает шаг расчета по времени). Справа устанавливается размерность: секунды, минуты, часы, сутки;

– «Шаг вывода результатов по координате, м» – пространственный шаг, с которым будут выводиться в итоговую таблицу результаты расчета (обычно он значительно превышает шаг расчета по координате).

Количество шагов выбирается в соответствии с задачами, необходимой точностью расчета, ресурсами ПК, допустимым временем на расчет, возможностью и необходимостью обрабатывать массив результатов.

После нажатия кнопки «ОК» начинается процесс расчета, который сопровождается отображением строки динамики расчета в окне «Ход выполнения расчета» (см. рисунок 43). После его завершения появится сообщение о том, что результаты теперь отображаются на вкладке «Результаты» (см. рисунок 44).

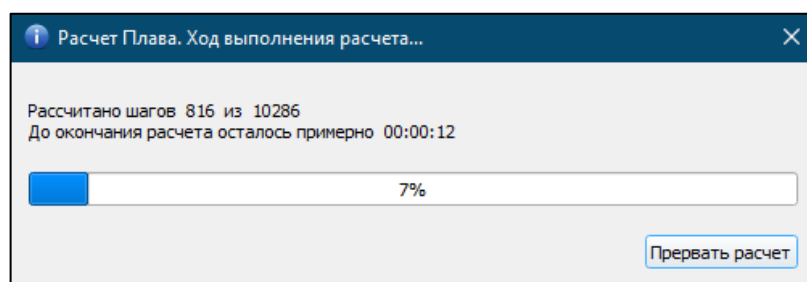


Рисунок 43 – Окно хода выполнения расчета

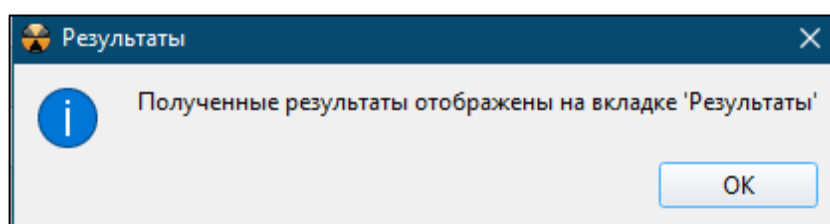


Рисунок 44 – Окно сообщения по выполнению расчета

Вкладка «Результаты» приведена на рисунке 45.

Основное		Миграционные параметры		Начальные, граничные данные и источник		Результаты	
Фильтры							
Радионуклид	Cs-137						
Отображаемая величина	Объемная активность в воде, Бк/куб.м						
Время в:	сут.	Отчет о радиационной обстановке		Графики			
Результаты							
Координата, км	Время, сут.	Значение, Бк/куб.м					
0	0	7.4					
0	10	9.47745					
0	20	11.2873					
0	30	13.0971					
0	40	14.9069					
0	50	16.7168					
0	60	18.5266					
0	70	20.3364					
0	80	22.1463					
0	90	23.9561					
0	92	24.3176					
0.941667	0	8.41358					
0.941667	10	15.8984					
0.941667	20	20.5954					
0.941667	30	25.6436					

Рисунок 45 – Вкладка «Результаты» для модели рек и водотоков

Вкладка разделяется на блоки:

- «Фильтры» – здесь производится настройка отображения результатов;
- «Результаты» – таблица, состоящая из трех столбцов:
 - а) «Координаты, км» – координаты по току реки от её формального начала в соответствии с ранее заданным шагом вывода результатов по расстоянию;
 - б) «Время» – момент времени от начала моделирования в соответствии с ранее заданным шагом вывода результатов по времени;
 - в) «Значение (с размерностью)» – значение и размерность отображаемой величины, которая выбирается из выпадающего списка.

В блоке «Фильтры» доступны следующие настройки:

- «Радионуклид» – выпадающий список, в котором выбирается один из радионуклидов, участвовавший в расчетах;
- «Отображаемая величина» – выпадающий список, в котором выбирается один из радионуклидов, участвовавший в расчетах. Он приведен на рисунке 46:
 - а) «Объемная активность в воде, Бк/куб.м»;

- б) «Максимальная по створу объемная активность воды (у ближнего берега), Бк/куб.м» – максимальная удельная активность в воде, оцененная по модели, где максимум приходится на точку у ближнего берега;
 - в) «Максимальная по створу объемная активность в донных отложениях (у ближнего берега), Бк/куб.м» – максимальная удельная активность в донных отложениях, оцененная по модели, где максимум приходится на точку у ближнего берега;
 - г) «Максимальная по створу активность в донных отложениях на единицу массы (у ближнего берега), Бк/кг» – максимальная удельная активность в донных отложениях, оцененная по модели, где максимум приходится на точку у ближнего берега;
 - д) «Объемная активность в донных отложениях, Бк/куб.м»;
 - е) «Активность в донных отложениях на единицу массы, Бк/кг».
- «Время в:» – настройка отображения времени в таблице результатов через выпадающий список: часы или сутки;
 - «Отчет о радиационной обстановке» – кнопка, генерирующая файл с таблицей результат, по аналогии с п.7.2.7;

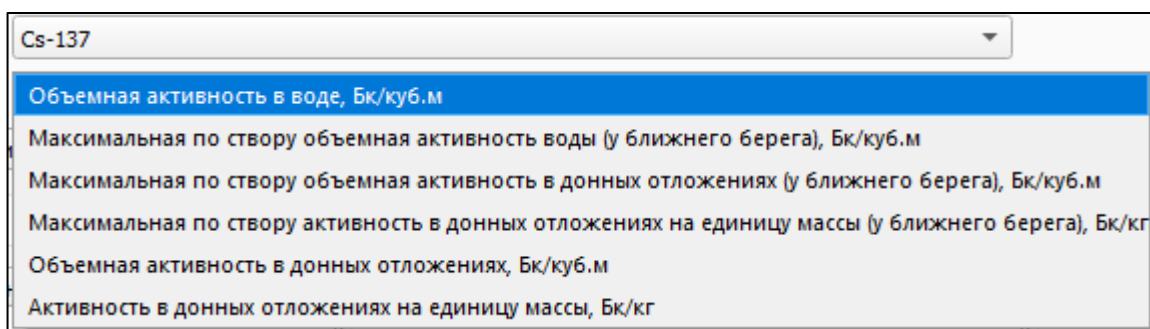


Рисунок 46 – Список доступных для отображения величин результатов для рек/водотоков

- «Графики» – открывает окно представления результатов на графиках по аналогии с п.7.2.7 (см. рисунок 47).

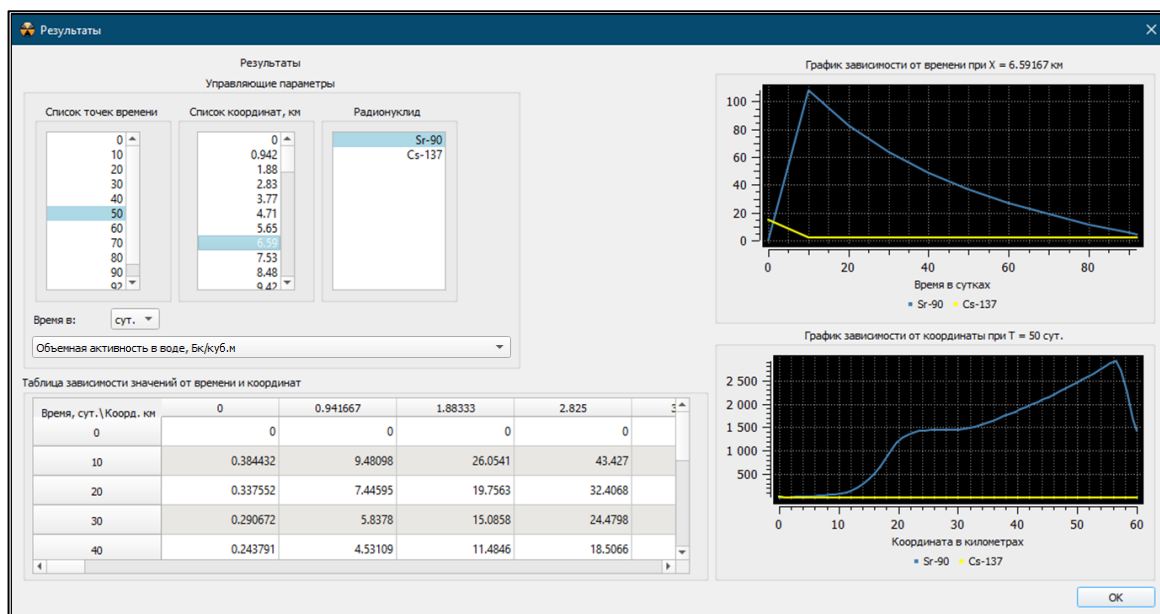


Рисунок 47 – Окно отображения результатов на графиках для рек/водотоков

Отображаемые величины все являются удельными, то есть, на единицу объема (объемная) или массы (массовая). Рассчитываются либо у ближайшего к точке сброса берега, либо в среднем для участка русла.

7.4 Проведение расчетов для сложных водоемов, разделенных на однородные участки

7.4.1 Описание главного окна модели

В случае выбора сценария для сложного водного объекта, который может быть представлен в виде набора имеющих общую границу однородных частей, программа автоматически открывает окно «Численный метод для 2-3 камерных водоемов (озёр)» (см. рисунок 48).

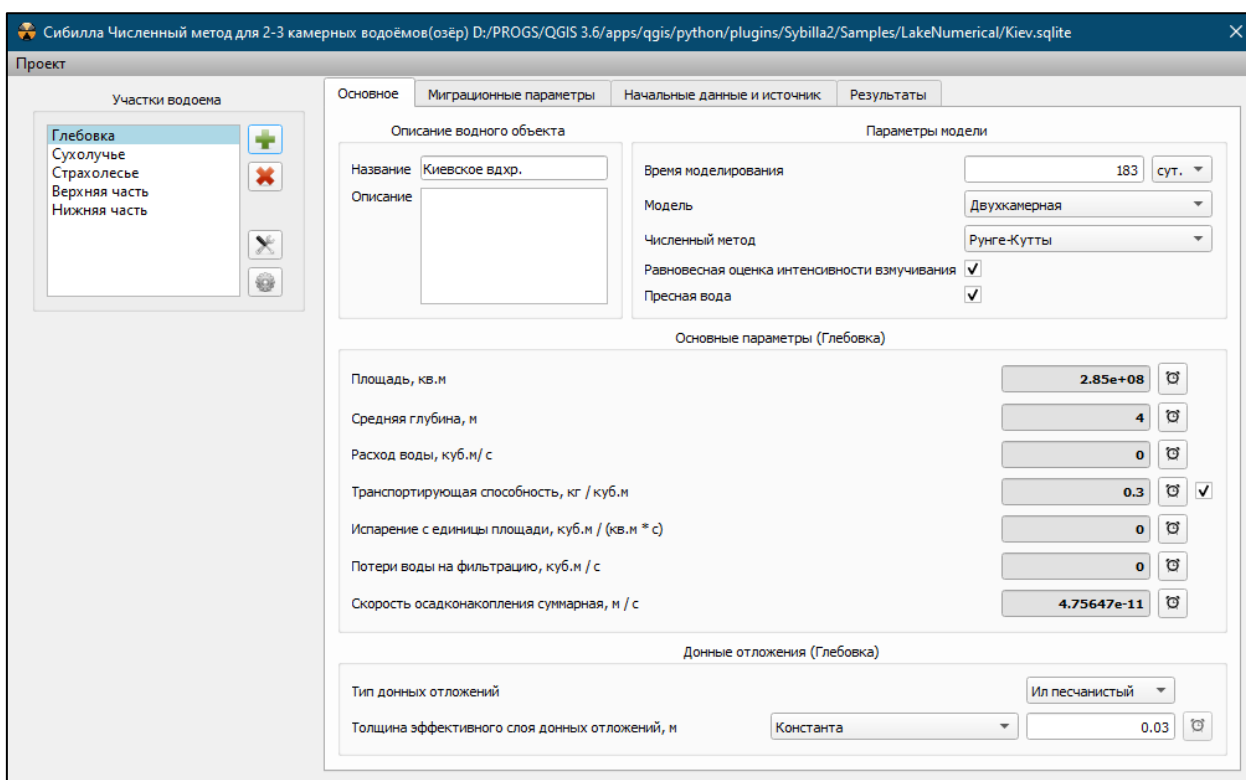



Рисунок 48 – Окно формирования сценария для сложного водного объекта и расчета переноса примесей численным методом «Численный метод для 2-3 камерных водоемов (озёр)»

Всего на главном окне присутствуют блок управляющих списков и четыре вкладки, сформированные по аналогии с интерфейсом для однородного водоема (см. п.7.2):

- «Основное»;
- «Миграционные параметры»;
- «Начальные данные и источник»;
- «Результаты».

В блоке списков в левой части окна присутствуют следующие списки:

- «Участки водоема» – названия однородных частей сложного водоёма (присутствует на первых трёх вкладках);
- «Радионуклиды» – см. п.7.2.3. Присутствует на вкладках «Миграционные параметры» и «Начальные данные и источник»;
- «Фракции» – см. п.7.2.2. Присутствует на вкладке «Миграционные параметры».

Список участков водоёма обладает набором инструментов для редактирования. Для добавления нового участка необходимо нажать кнопку  – откроется окно добавления новой части (см. рисунок 49).

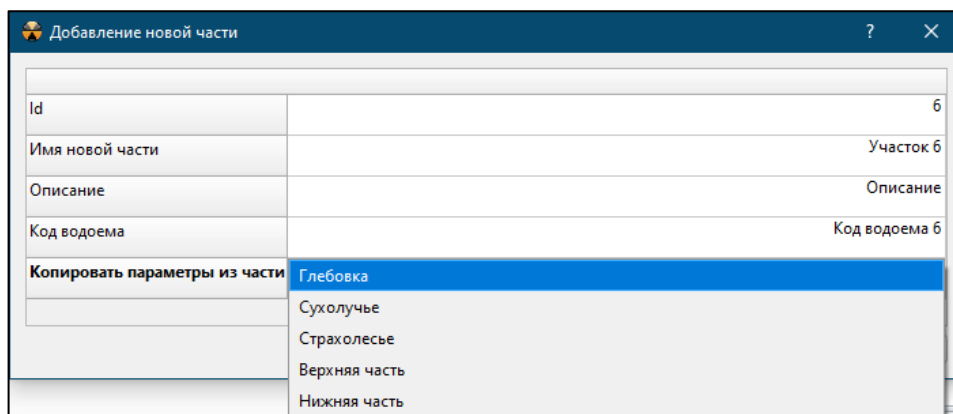





Рисунок 49 – Окно добавления нового участка водёма

В окне задаются следующие параметры:

- «Id» – идентификационный номер участка, уникальный в рамках проекта;
- «Имя новой части» – название участка;
- «Описание» – необязательное словесное описание участка;
- «Код водоёма» – уникальный в рамках карты код участка в базе данных. Можно увидеть при просмотре таблицы «Tributaries» файла проекта. Актуально только для водных систем, где есть общая карта;
- «Копировать параметры из части» – при выборе уже существующего участка водоема его параметры присваиваются новому участку.

Для принятия изменений требуется нажать кнопку «ОК». Для удаления участка требуется нажать кнопку  и подтвердить намерение в появившемся диалоговом окне. Для переименования участка служит кнопка . При её нажатии появляется окно «Переименование», в котором можно ввести новое название текущего участка (см. рисунок 50).

Настройка взаимного расположения участков водёма производится в окне «Границы между участками» (см. рисунок 51), которая вызывается кнопкой .

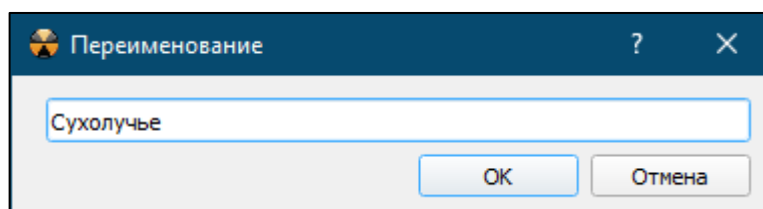


Рисунок 50 – Окно переименования участка водёма

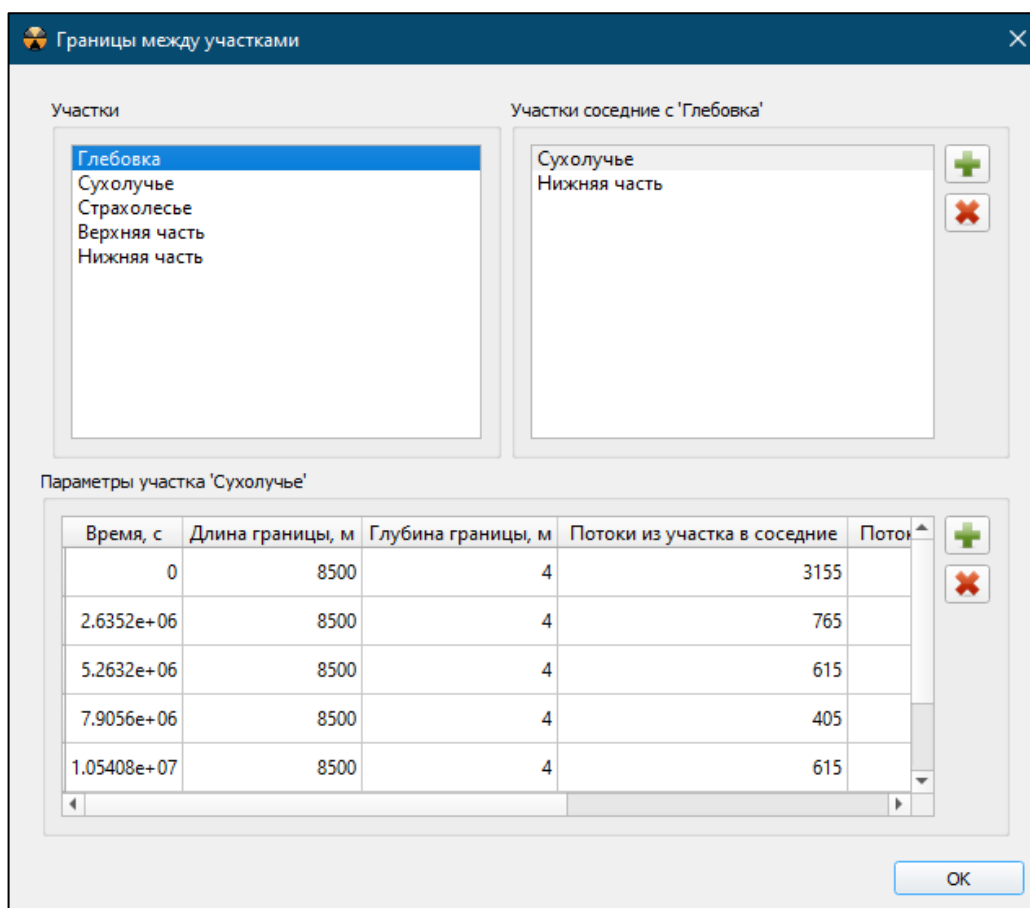






Рисунок 51 – Окно настройки границ между участками

В данном окне работа производится со следующими элементами:

- «Участки» перечень участков, для которых задаются параметры границ;
- «Участки соседние с (название участка)» – список участков, которые являются смежными с выделенным, и с которыми у него есть водообмен. Данный список можно изменять кнопками  и . Новый смежный участок добавляется в окне «Добавление соседнего участка» (см. рисунок 52);

– «Параметры участка (название участка)» – таблица параметров выбранного участка, куда входят следующие столбцы:

- а) «Время, с» – определяющий момент времени, в который актуальны другие значения параметров (моменты времени могут добавляться и удаляться кнопками  и );
- б) «Длина границы, м» – протяженность границы между выделенным участком и смежным;

- в) «Глубина границы, м» – глубина на границе двух участков;
- г) «Потоки из участка в соседние, куб.м/с» – поток из текущего участка в смежный с ним;
- д) «Потоки в участок из соседей, куб.м/с» – поток из смежного участка в выделенный.

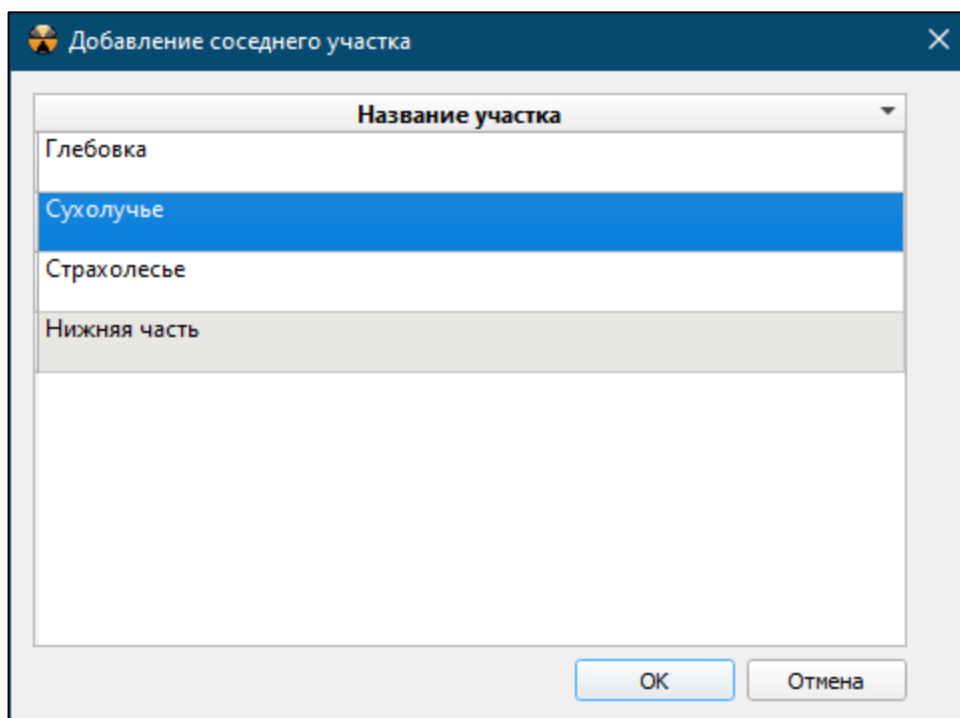


Рисунок 52 – Окно добавления соседнего участка

Рекомендуется не задавать отрицательные значения потока, а корректно задавать положительные значения в верном направлении. Поток может изменяться по величине и направлению со временем, моменты которого задают также пользователем.

7.4.2 Вкладка «Основное»

Вкладка содержит следующие блоки (см. рисунок 53):

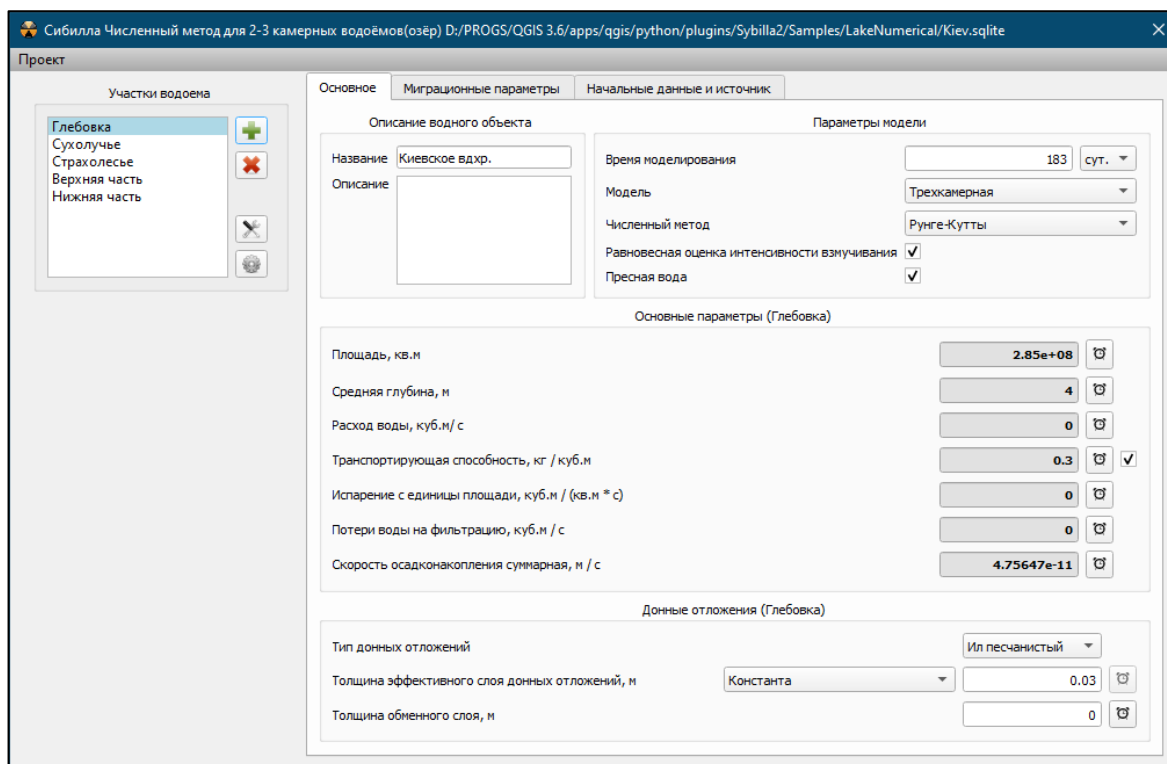



Рисунок 53 – Вкладка «Основное» для сложного водоёма

- «Описание водного объекта»:
 - а) «Название» (всего сложного объекта);
 - б) «Описание» – необязательное текстовое описание объекта.
- «Параметры модели» – параметры расчета:
 - а) «Время моделирования» – период расчета модели, задается в часах сутках или годах;
 - б) «Модель» – выбирается двухкамерная или трехкамерная (с дополнительным обменным слоем);
 - в) «Численный метод» – выбирается из списка метод численного расчета Рунге-Кутты или Эйлера;
 - г) «Равновесная оценка интенсивности взмучивания» – см. п.7.3.3;
 - д) «Пресная вода» – устанавливает флаг пресности воды см. п.7.3.3.

– «Основные параметры (участка водоёма)» – параметры справедливы для выделенного в списке участка через редактор параметров (см. п.7.3.1), который открывается по нажатию на кнопку :

- а) «Площадь, кв.м»;
- б) «Средняя глубина, м»;
- в) «Расход воды, куб.м/с» – ;
- г) «Транспортирующая способность, кг/куб.м» – для примеси;
- д) «Испарение с единицы площади, куб.м/(кв.м*с)»;
- е) «Потери воды на фильтрацию, куб.м/с»;
- ж) «Скорость осадконакопления суммарная, м/с».

– «Донные отложения (название водоема)»:

- а) «Тип донных отложений» – по выбору из выпадающего списка: галька, ил глинистый, ил песчанистый, ил торфянистый, морской грунт, песок;
- б) «Толщина эффективного слоя донных отложений, м» – по выбору:
 - 1) «Константа» – задается пользователем как постоянная;
 - 2) «Кусочно-линейная функция» – задается пользователем через редактор параметров;
 - 3) «На основании коэфф. диффузии» – автоматически рассчитывается на основании встроенных алгоритмов.
- в) «Толщина обменного слоя, м» – только для трехкамерной модели.

Общий вид окна редактора параметров для данной задачи приведен на рисунке 54.

Редактор параметров для «Толщины эффективного слоя донных отложений» включает три списка параметров, дополнительно присутствует список «Радионуклиды». Скорректировать и дополнить его можно в соответствующем списке на следующих двух вкладках главного окна.

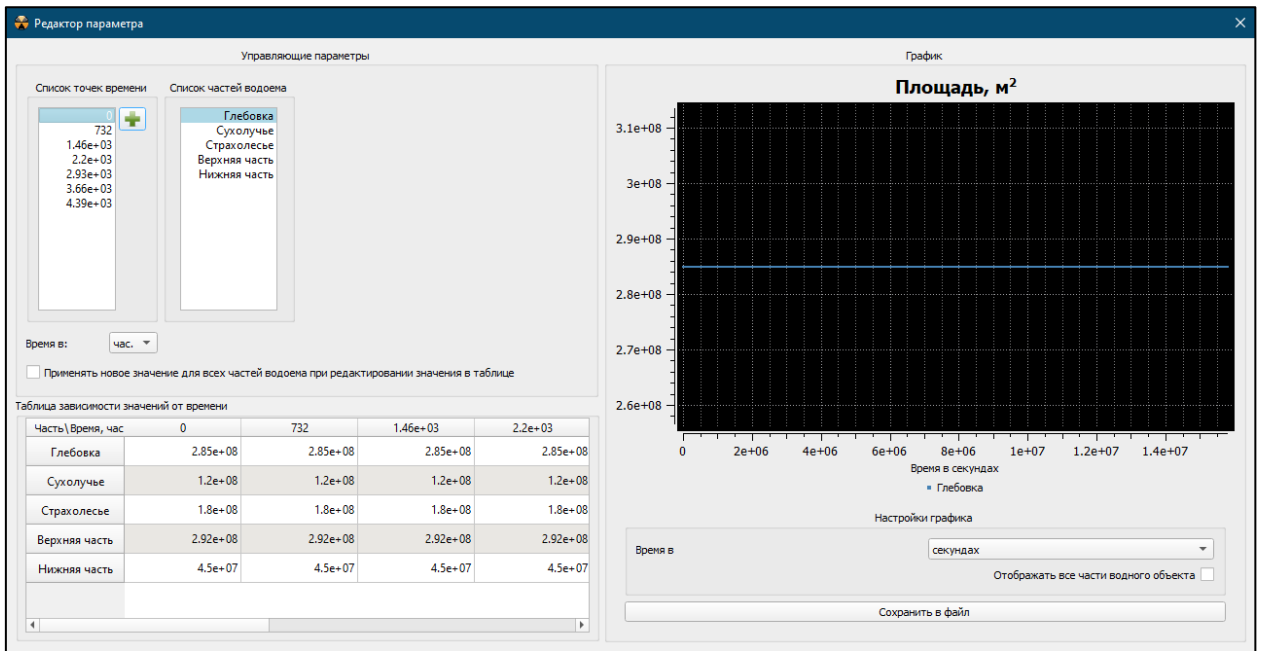


Рисунок 54 – Окно редактора параметров сложных водоёмов

7.4.3 Вкладка «Миграционные параметры»

На вкладке присутствуют следующие блоки параметров (см. рисунок 55):

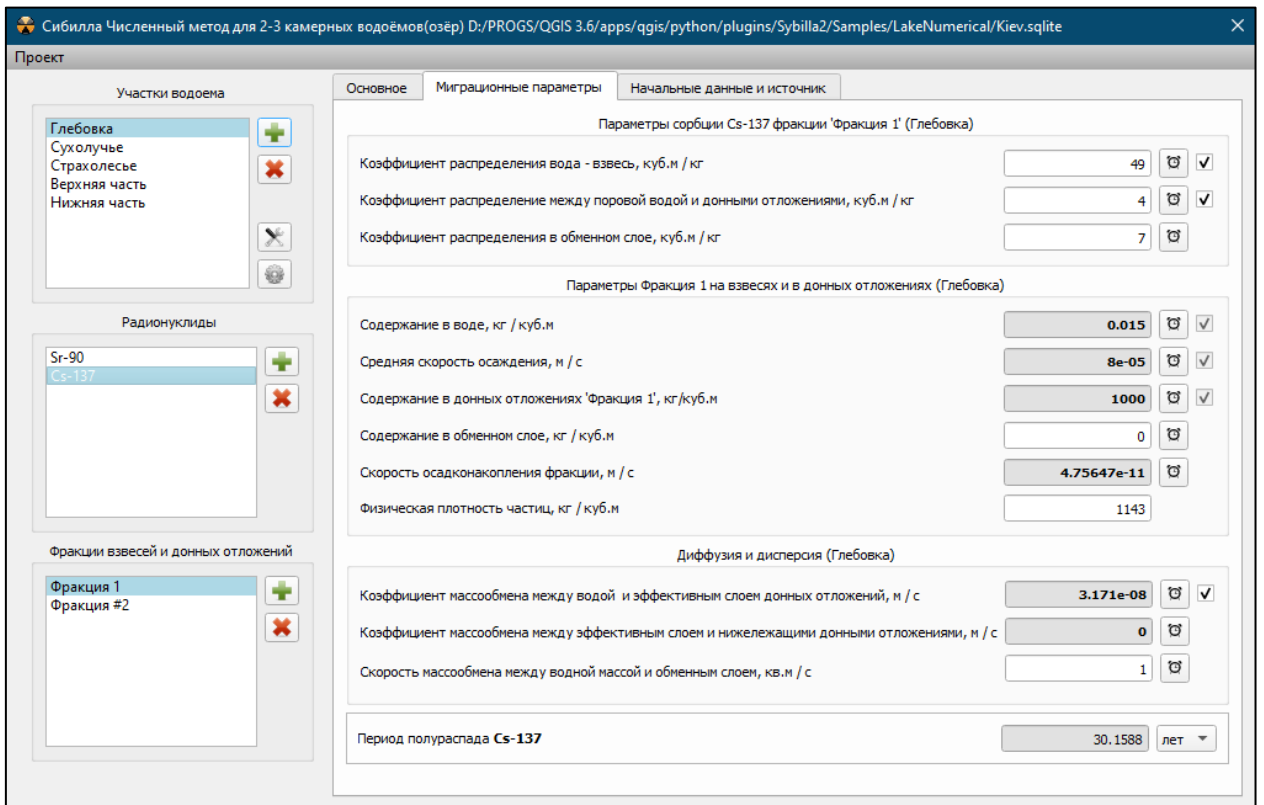


Рисунок 55 – Вкладка «Миграционные параметры» для сложного водоёма

– «Параметры сорбции (название радионуклида) фракции (название фракции) (название участка водоёма)»:

- а) «Коэффициент распределения вода–взвесь, куб.м/кг»;
- б) «Коэффициент распределения между поровой водой и донными отложениями, куб.м/кг»;
- в) «Коэффициент распределения в промежуточном слое, куб.м/кг» – только для трёхкамерной модели.

– «Параметры (название фракции) на взвесах и в донных отложениях (название участка водоёма)»:

- а) «Содержание в воде, кг/куб.м»;
- б) «Средняя скорость осаждения, м/с»;
- в) «Содержание в донных отложениях (название фракции), кг/куб.м»;
- г) «Интенсивность взмучивания, м/с» – только если на вкладке «Основное» не установлен флаг «Равновесная оценка интенсивности взмучивания»;
- д) «Содержание в обменном слое, кг/куб.м» – только для трёхкамерной модели. Следует учесть, что содержание взвесей в обменном слое не может быть меньше, чем в толще воды;
- е) «Скорость осадконакопления фракции, м/с»;
- ж) «Физическая плотность частиц, кг/куб.м».

– «Диффузия и дисперсия (название участка водоёма)» – одинаково для всех фракций и радионуклидов:

- а) «Коэффициент массообмена между водой и эффективным слоем донных отложений, м/с»;
- б) «Коэффициент массообмена между эффективным слоем донных отложений и нижележащими донными отложениями, м/с»;
- в) «Скорость массообмена между водной массой и обменным слоем, кв.м/с» – только для трёхкамерной модели.

– «Период полураспада (название радионуклида)» – нередатируемая величина из базы данных программы.

Все параметры вкладки могут изменяться через окно редактора параметров (см. п.7.3.1), кроме параметра «Физическая плотность частиц». В редакторе параметров могут присутствовать регулирующие списки в соответствии с тем, зависит ли параметр от фракции и/или радионуклида.

7.4.4 Вкладка «Начальные данные и источник»

На вкладке присутствуют следующие блоки параметров (см. рисунок 56):

– «Начальная активность радионуклида (название радионуклида) (название участка водоёма)»:

- а) «Активность в воде (суммарная), Бк/куб.м» – активность радионуклида в воде во всех состояниях на начало расчета;
- б) «Активность в эффективном слое донных отложений (суммарная)»;
- в) «Активность в воде (в растворенном состоянии), Бк/куб.м» – только если не установлен флаг «Равновесная оценка интенсивности взмучивания» на вкладке «Основное»;
- г) «Активность в эффективном слое донных отложений (в растворенном состоянии), Бк/куб.м» – только если не установлен флаг «Равновесная оценка интенсивности взмучивания» на вкладке «Основное»;
- д) «Активность в обменном слое (суммарная), Бк/куб.м» – только для трёхкамерной модели.

– «Источник поступления (радионуклида) (название участка водоёма)»:
«Суммарное поступление, Бк/с» – интенсивность поступления радионуклида в участок водоёма. Задается через редактор параметров (см. п.7.3.1).

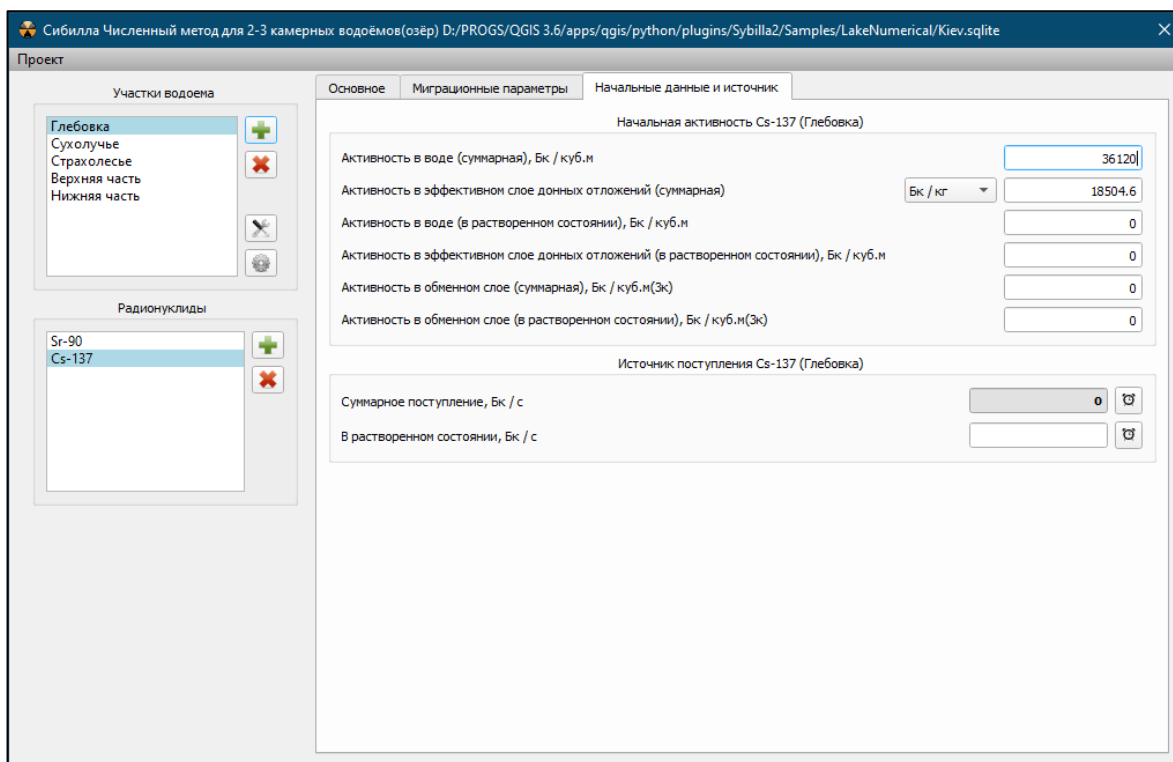


Рисунок 56 – Вкладка «Начальные данные и источник» для сложного водоёма

Все параметры на вкладке, кроме «Суммарного поступления», задаются пользователем и являются постоянными во времени.

7.4.5 Вкладка «Результаты»

Вкладка «Результаты» появляется после активации расчета задачи через пункт «Рассчитать» меню «Проект» (см. рисунок 12). После его вызова появится окно настройки параметров расчетной сетки (см. рисунок 57), в котором пользователю следует задать поля:

- «Максимальный шаг по времени, с» – верхняя граница шага по времени для автоматической оценки оптимального шага временной расчетной сетки модели;
- «Минимальный шаг по времени, с» – нижняя граница шага по времени для автоматической оценки оптимального шага временной расчетной сетки модели;
- «Максимальное изменение значений входных параметров за шаг по времени, %» – параметр, определяющий сходимость численного решения;
- «Шаг вывода результатов по времени» – шаг, с которым результаты выводятся в итоговую таблицу. Задается в секундах, минутах, часах и сутках через выпадающий список.

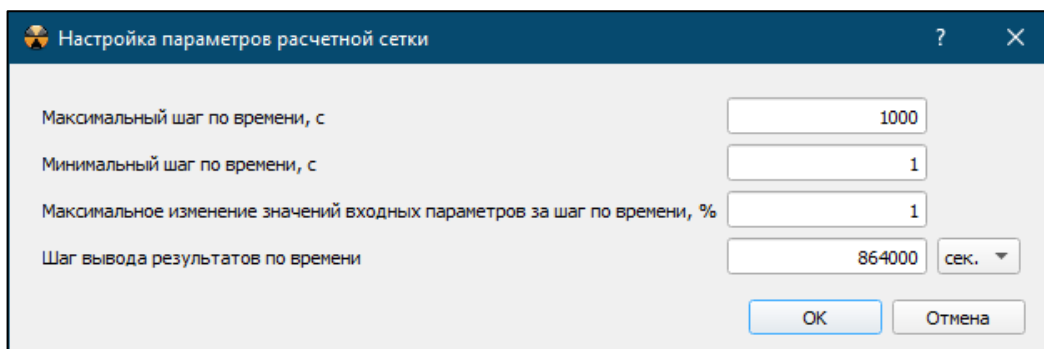


Рисунок 57 – Окно «Настройка параметров расчетной сетки»

После нажатия кнопки «ОК», если программа не выдаст сообщения об ошибке, появится окно прогресса процедуры расчета (см. рисунок 58), после которого появится сообщение, что результаты расчета появились на вкладке «Результаты».

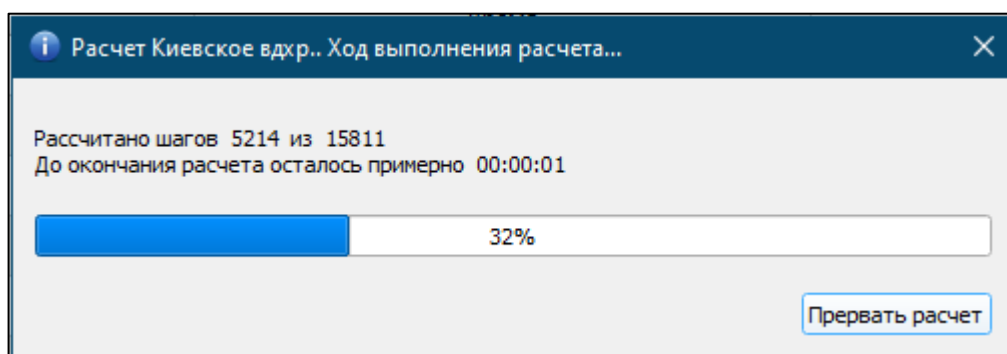


Рисунок 58 – Окно прогресса расчета для сложного водоёма

Общий вид вкладки «Результаты» для сложного водоёма приблизительно повторяет аналогичную вкладку для однородного водоема из п.7.2.7 (см. рисунок 59).

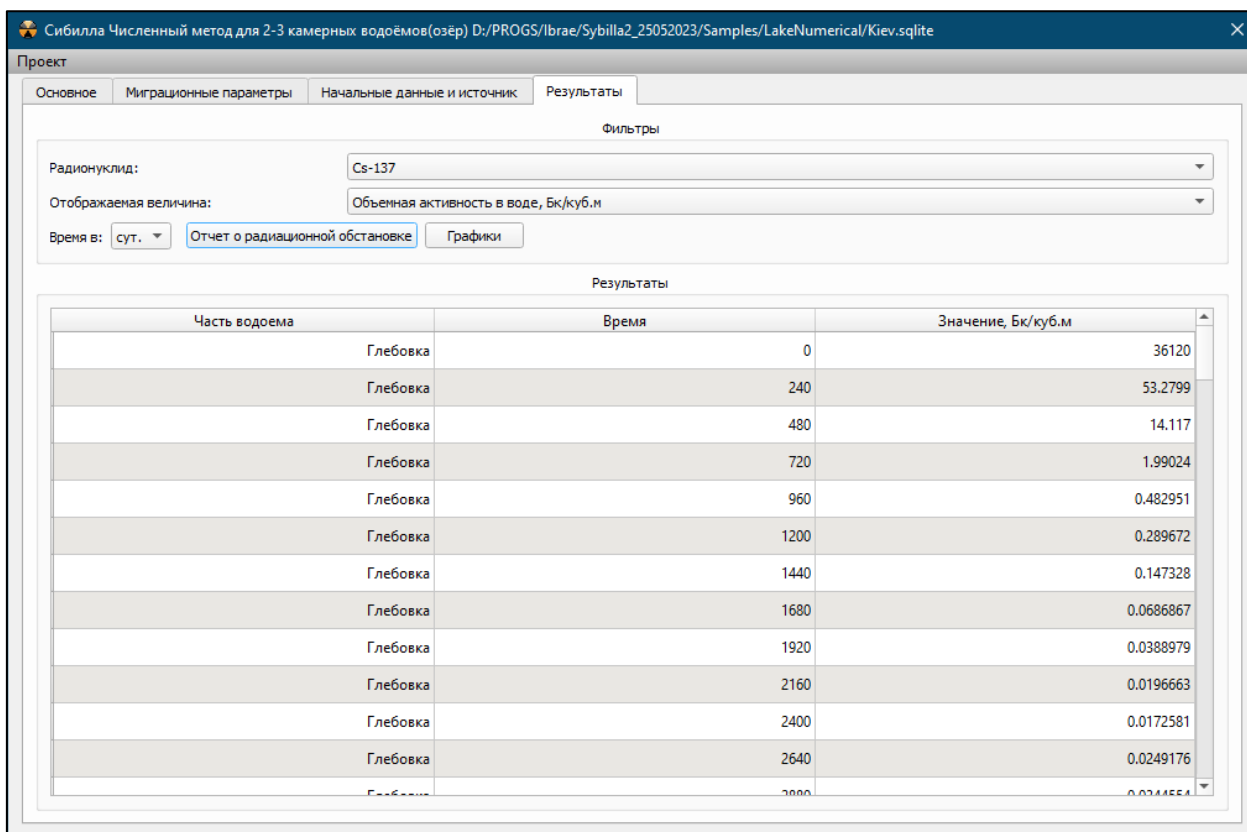


Рисунок 59 – Вкладка «Результаты» для сложного водоёма

В нижней части вкладки отображается итоговая таблица результатов, включающая следующие столбцы:

- «Часть водоёма» – названия всех участков водоёма, участвовавших в расчетах;
- «Время» – моменты времени от начала моделирования (размерность указывается в выпадающем списке «Время, в» над таблицей);
- «Значение, (размерность)» – значение расчетной величины, тип которой выбирается в выпадающем списке «Отображаемая величина» выше (см. рисунок 60):

- а) «Объемная активность в воде, Бк/куб.м»;
- б) «Объемная активность в донных отложениях, Бк/куб.м»;
- в) «Активность в донных отложениях на единицу массы, Бк/кг»;
- г) «Максимальная удельная активность в воде, Бк/куб.м» – максимальная активность с учетом неблагоприятных гидрометеорологических факторов;
- д) «Объёмная активность радионуклида в обменном слое, Бк/куб.м» – только для трёхкамерной модели.

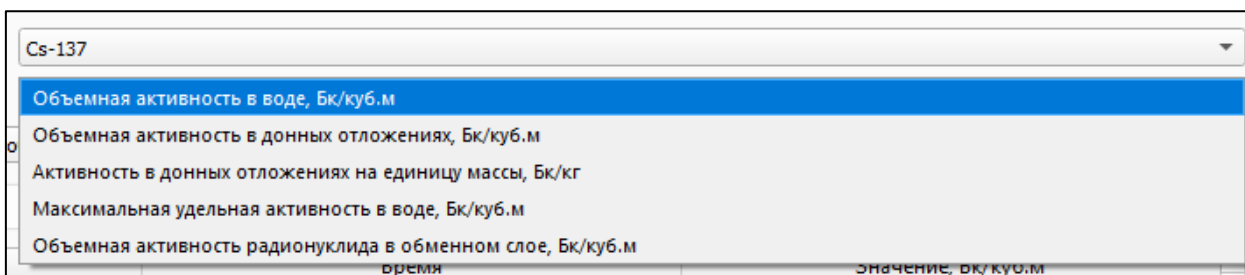


Рисунок 60 – Список отображаемых величин результатов для сложного водоёма

Также вкладка содержит фильтр «Радионуклид», для которого выводятся результаты в таблице.

Кнопка «Отчет о радиационной обстановке» генерирует файл отчета в формате *.html. Пример отчета приведен на рисунке 61. Более детально интерпретация отчета пользователем описывается в п.7.2.7.

Отчет о радиационной обстановке				Активность в донных отложениях на единицу массы, Бк/кг			
Название водного объекта: 'Киевское водр.'							
Дата и время отчета: 16-10-2023 11:10:06							
Объемная активность в воде, Бк/куб.м							
Радионуклид	Часть водоема	Время, сут.	Объемная активность в воде, Бк/куб.м	Радионуклид	Часть водоема	Время, сут.	Активность в донных отложениях на единицу массы, Бк/кг
Cs-137	Глебовка	0	3.61e+04	Cs-137	Глебовка	0	1.85e+01
Cs-137	Глебовка	240	5.33e+01	Cs-137	Глебовка	240	4.11e+03
Cs-137	Глебовка	480	1.41e+01	Cs-137	Глебовка	480	4.55e+03
Cs-137	Глебовка	720	1.99e+00	Cs-137	Глебовка	720	4.58e+03
Cs-137	Глебовка	960	4.83e-01	Cs-137	Глебовка	960	4.57e+03
Cs-137	Глебовка	1200	2.90e-01	Cs-137	Глебовка	1200	4.56e+03
Cs-137	Глебовка	1440	1.47e-01	Cs-137	Глебовка	1440	4.55e+03
Cs-137	Глебовка	1680	6.87e-02	Cs-137	Глебовка	1680	4.55e+03
Cs-137	Глебовка	1920	3.89e-02	Cs-137	Глебовка	1920	4.54e+03
Cs-137	Глебовка	2160	1.97e-02	Cs-137	Глебовка	2160	4.53e+03
Cs-137	Глебовка	2400	1.73e-02	Cs-137	Глебовка	2400	4.52e+03
Cs-137	Глебовка	2640	2.49e-02	Cs-137	Глебовка	2640	4.51e+03
Cs-137	Глебовка	2880	3.45e-02	Cs-137	Глебовка	2880	4.50e+03
Cs-137	Глебовка	3120	3.63e-02	Cs-137	Глебовка	3120	4.49e+03
Cs-137	Глебовка	3360	3.06e-02	Cs-137	Глебовка	3360	4.48e+03
Cs-137	Глебовка	3600	2.51e-02	Cs-137	Глебовка	3600	4.47e+03
Cs-137	Глебовка	3600	2.51e-02	Cs-137	Глебовка	3840	4.46e+03

Рисунок 61 – Фрагменты файла отчета для сложного водоёма

Так же, как и для однородного водоёма, для сложного водоёма можно вывести результаты в форме графика, как это представлено на рисунке 62. Для этого служит окно, открывающееся по нажатию кнопки «График», работа с которым была описана в п.7.2.7.

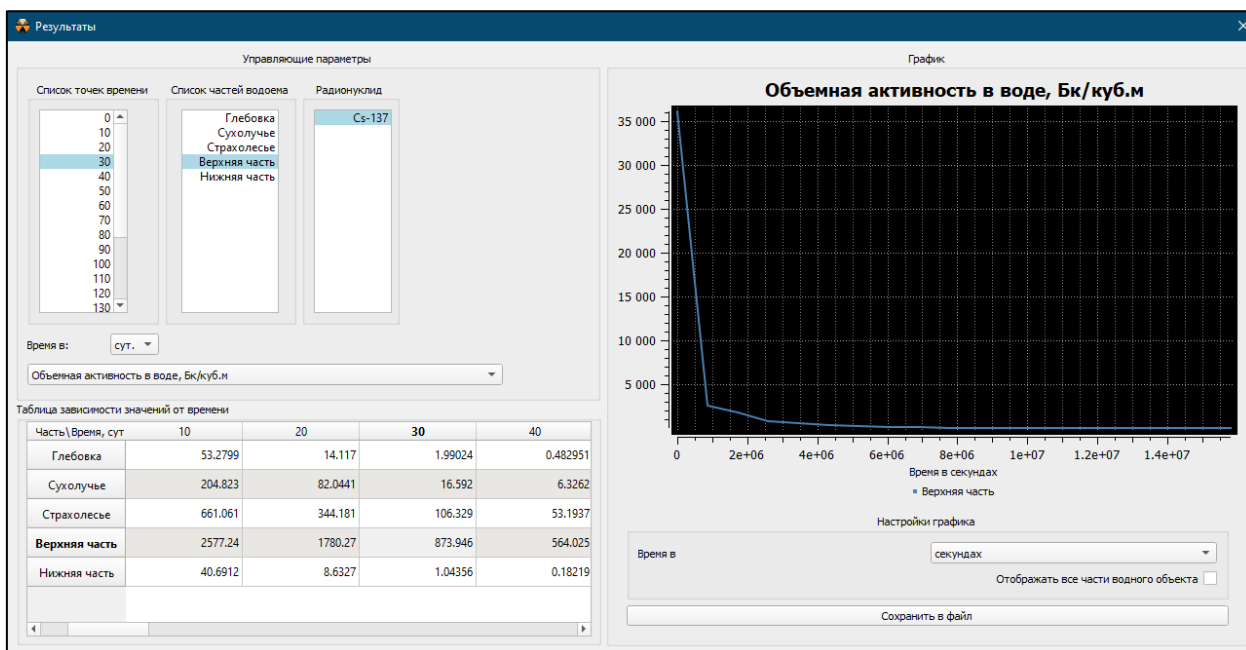


Рисунок 62 – Пример графика с результатами для сложного водоёма

7.5 Расчет доз облучения населения за счет водопользования

7.5.1 Модуль расчета доз

После завершения расчета удельной активности радионуклидов в воде и донных отложениях возможно проведение оценки доз облучения населения, проживающего и осуществляющего водопользование по берегам загрязненных водных объектов. Дозы всегда оцениваются на характерного представителя типовой группы населения, согласно НРБ-99/2009 [9].

Модуль расчета доз вызывается путем выбора пункта «Расчет доз» из меню «Проект» главного окна программы (см. рисунок 12). Это можно сделать из окна любой рассмотренной выше модели расчета (см. пп.7.2-7.4). Вид окна модуля «Расчет доз» при этом не зависит от того, для какого типа водного объекта производится оценка (см. рисунок 63).

Всего в окне модуля три блока управляющих компонентов:

- Блок управляющих списков – служит для настройки параметров задачи для различных условий;
- Блок исходных данных – служит для ввода значений всех параметров;
- Блок результатов – представляет область вывода результатов расчета.

Расчет доз и вывод результатов происходит автоматически каждый раз при изменении входных данных.

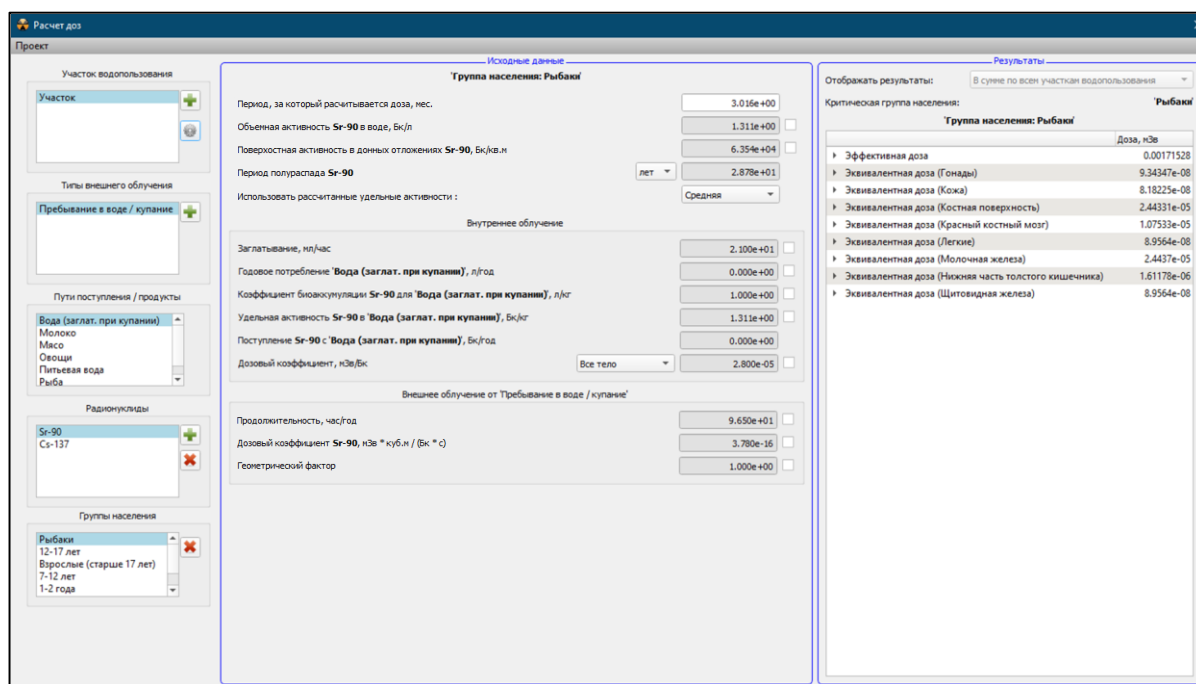


Рисунок 63 – Окно «Расчет доз»

Меню «Проект» окна «Расчет доз» имеет несколько отличный вид от аналогичного меню главного окна (см. рисунок 64). По пункту «Расчет удельных активностей» совершается переход назад к основному окну модели. Пункт «Расчет» отсутствует, так как вычисления совершаются каждый раз автоматически при смене исходных данных.

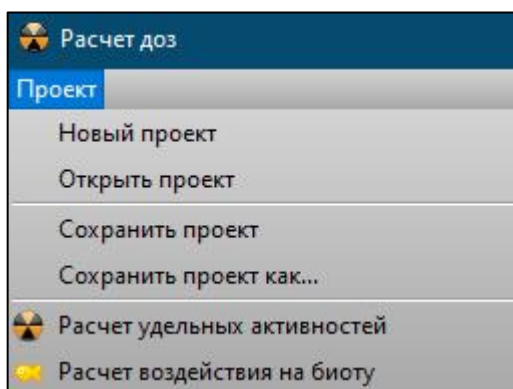




Рисунок 64 – Меню «Проект» окна расчета доз

7.5.2 Блок управляющих списков


В левой части окна располагаются следующие списки управляющих параметров (см. рисунок 65):

– «Участок водопользования» – условная зона на водном объекте, где планируется оценить дозы на население от водопользования. Участки должны различаться по уровням загрязнения воды и донных отложений, характеру водопользования и другим параметрам, которые принципиально влияют на дозы облучения. В общем случае участками могут являться различные однородные участки водного объекта, а также (условные) населенные пункты, если для них принципиально различаются условия водопользования, в том числе, потреблением продуктов питания. Для сложных водоёмов участками водопользования по умолчанию являются его простые однородные части.



Участок водопользования

Участок  



Типы внешнего облучения

Пребывание в воде / купание 

Пути поступления / продукты

Вода (загл. при купании)  
 Молоко
 Мясо
 Овощи
 Питьевая вода
 Рыба

Радионуклиды

Sr-90  
 Cs-137

Группы населения







Рыбаки   
 12-17 лет
 Взрослые (старше 17 лет)
 7-12 лет
 1-2 года

Рисунок 65 – Списки управляющих параметров окна «Расчет доз»

– «Типы внешнего облучения» – учитываемые в расчете типы внешнего облучения. Всего доступны следующие типы:

- а) «Пребывание в воде/купание»;
- б) «Пребывание на заливных лугах, поймах рек»;
- в) «Пребывание на орошаемой территории»;

- г) «Пребывание на пляже»;
- д) «Рыбная ловля/пребывание на плавсредствах».
- «Пути поступления/ продукты» – виды внутреннего облучения, учитываемые в расчете, включая потребление различных (загрязненных) продуктов питания:
 - а) «Вода (загл. При купании)» – доза от случайного заглатывания воды в процессе купания;
 - б) «Молоко»;
 - в) «Мясо»;
 - г) «Овощи»;
 - д) «Питьевая вода»;
 - е) «Рыба».
- «Радионуклиды» – радионуклиды, участвующие в расчетах;
- «Группы населения» – учитываемые в расчетах группы населения в соответствии с [9]:
 - а) «Рыбаки»;
 - б) «Взрослые (старше 17 лет)»;
 - в) «12-17 лет»;
 - г) «7-12 лет»;
 - д) «2-7 лет»;
 - е) «1-2 года»;
 - ж) «до 1 года».

Во всех списках пункты можно добавлять в расчет или удалять с помощью кнопок  и . При добавлении нового участка в список появляется окно (см. рисунок бб), где в поле «Название» нужно ввести название участка водопользования (определяется пользователем) и нажать кнопку «Добавить». Для уже выделенного участка водопользования можно указать детальные параметры, используя кнопку , в результате откроется окно «Информация об участке водопользования», в котором следует указать

значения параметров, свойственных участкам разных типов водных объектов (см. рисунок 67):

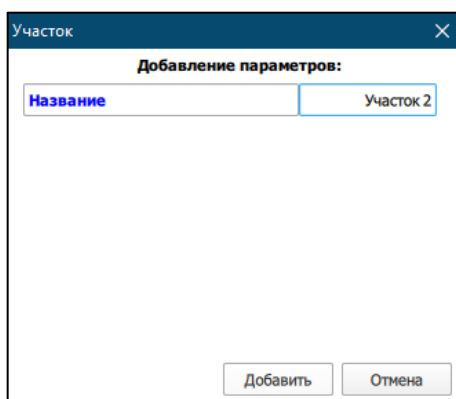


Рисунок 66 – Вставка участка водопользования

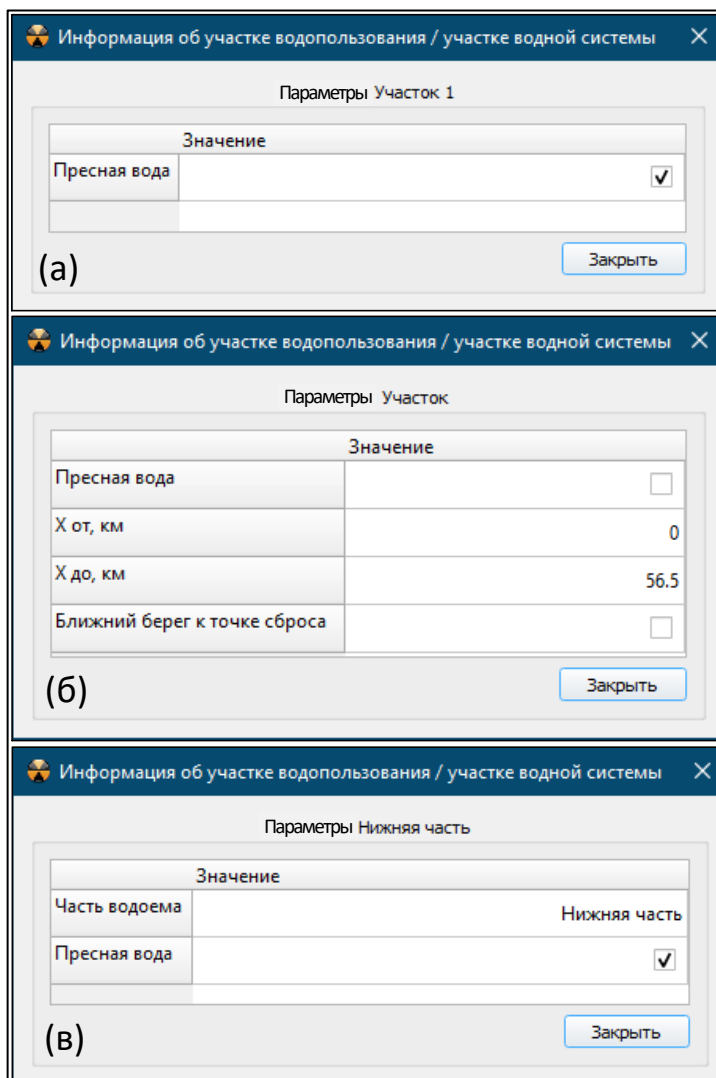


Рисунок 67 – Окно «Информация об участке водопользования». а) для однородного водоема; б) для реки; в) для сложного водоёма

– «Пресная вода» – свойство пресной воды для участка водопользования. Передается как свойство водоема, реки или части сложного водоема из главного окна проекта. В частных случаях значение параметра пресности участка водопользования может не совпадать с пресностью водоема/реки, если этого требует задача;

– «Часть водоёма» – только для сложного водоёма. Указывается часть сложного водоёма как пункт разворачивающегося списка;

– «X от, км» – только для реки. Начало участка водопользования вдоль берега;

– «X до, км» – только для реки. Конец участка водопользования вдоль берега;

– «Ближний берег к точке сброса» – только для реки. Указывает, находится ли участок водопользования на одном берегу с точкой сброса.

При добавлении типа внешнего облучения открывается окно выбора типа (см. рисунок 68), где из списка можно добавить новые пункты в расчет.

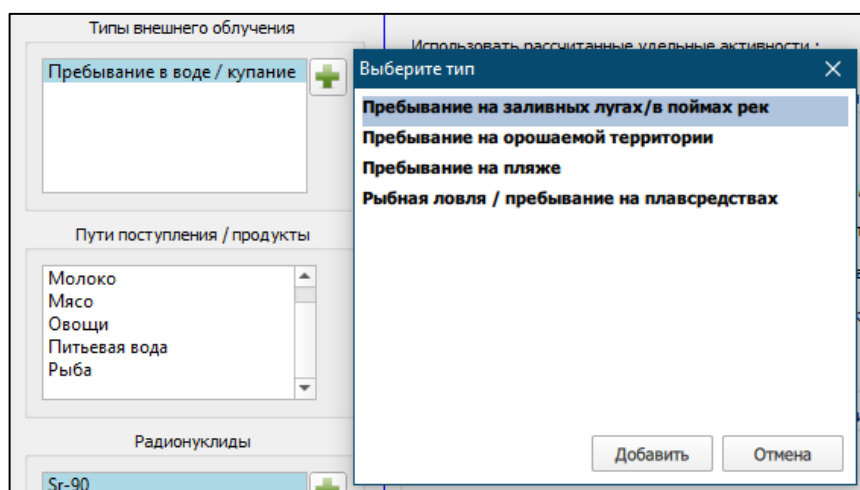


Рисунок 68 – Добавление типа внешнего облучения

Аналогичным образом добавляются из общего списка пути поступления (радионуклидов в организм) и продукты питания, а также редактируется список «Группы населения».

Перечень радионуклидов редактируется так же, как описано в п.7.2.3.

7.5.3 Блок «Исходные данные»

Основные исходные данные для проведения расчета берутся из результатов расчета модели миграции и расчета удельных активностей радионуклидов в водном объекте, но часть из них может быть задана вручную пользователем. Для этого рядом с полем

значения нужно установить флаг ручного редактирования, а для автоматического расчета параметра встроенными алгоритмами нужно снять флаг . Наборы исходных данных могут различаться для разных участков водопользования, и пользователь должен учесть это при заполнении полей.

Блок разделен на группы параметров:

– Характерные параметры группы «Группа населения: (название группы)»:

- а) «Период, за который рассчитывается доза, мес.» – период прогноза;
- б) «Объемная активность (название радионуклида) в воде, Бк/л» – активность, используемая при расчетах. По умолчанию берется из результатов расчета модели, но могут быть заданы вручную;
- в) «Поверхностная активность в донных отложениях (название радионуклида), Бк/кв.м» – поверхностная активность, используемая в расчетах;
- г) «Период полураспада (название радионуклида)» – период полураспада выделенного радионуклида. Берется из библиотеки программы. Можно выбрать размерность: лет, суток или часов;
- д) «Использовать рассчитанные удельные активности:» – выбирается из выпадающего списка:
 - 1) «Средняя» – в расчетах использовать усредненные за период моделирования значения активности;
 - 2) «Максимальная по времени» – в расчетах использовать максимальные за период моделирования активности.

– «Внутреннее облучение» – параметры, определяющие вклад в дозу внутреннего облучения человека:

- а) «Заглатывание, мл/час» – типовая интенсивность заглатывания воды во время купания (только при выделении данного типа поступления);
- б) «Годовое потребление (только для воды / заглатывание при купании), л/год» – пункт справедлив только для выделенного продукта «Вода (загл. при купании)». По умолчанию рассчитывается на основании пункта «Заглатывание, мл/час» и среднегодовой продолжительности купания, но может быть выставлен вручную;

- в) «Коэффициент биоаккумуляции (радионуклида) для (пути поступления/продукта), л/кг»;
- г) «Удельная активность (радионуклида) в (пути поступления/продукте), Бк/кг»;
- д) «Поступление (радионуклида) с (путем поступления/ с продуктом), Бк/год» – годовое поступление в организм, рассчитывается автоматически;
- е) «Дозовый коэффициент, мЗв/Бк»¹ – берется автоматически из базы программы для каждого органа и на все тело, но можно установить вручную, поочередно выбирая из списка:
 - 1) «Все тело»;
 - 2) «Гонады»;
 - 3) «Кожа»;
 - 4) «Костная поверхность»;
 - 5) «Красный костный мозг»;
 - 6) «Легкие»;
 - 7) «Молочная железа»;
 - 8) «Нижняя часть толстого кишечника»;
 - 9) «Щитовидная железа».

– «Ингаляция» – параметры поступления через дыхание (только при выборе типа внешнего облучения «Пребывание на орошаемой территории»):

- а) «Дозовый коэффициент при ингаляционном поступлении (радионуклид), Зв/Бк»;
- б) «Множитель для учета»

¹ Следует отметить, что для трития дозовые коэффициенты существенно различаются для органически связанного трития и для тритиевой воды. При расчете дозы облучения от потребления загрязненных продуктов питания консервативно используются дозовые коэффициенты для органически связанного трития. При расчете дозы от потребления питьевой воды используются дозовые коэффициенты для тритиевой воды.

- в) «Годовой объем вдыхаемого воздуха (группа населения), куб.м»;
- г) «Время нахождения (группа населения) на орошаемой территории, час/год»;
- д) «Коэффициент перехода (радионуклида) из воды в пыль, б/р».
- «Внешнее облучение от (тип внешнего облучения)»:
 - а) «Продолжительность, час/год» – относительная среднегодовая продолжительность облучения по данному типу;
 - б) «Дозовый коэффициент (для радионуклида), мЗв*куб.м/(Бк*с)» – коэффициент по внешнему облучению;
 - в) «Геометрический фактор» – геометрический фактор данного типа облучения. Указывается понижающая (как правило) поправка.
- «Коэффициент снижения активности (радионуклида) (без учета распада)» – только при выборе типа внешнего облучения «Пребывание на орошаемой территории»:
 - а) «С поверхности растений, 1/сут»;
 - б) «Корневого слоя почвы, 1/сут».

Общий вид блока исходных данных для выбранного типа внешнего облучения «Пребывание на орошаемой территории» представлен на рисунке 69.

Если среди радионуклидов, участвующих в расчетах, фигурирует тритий (^3H), то при его выборе в списке радионуклидов блок исходных данных будет иметь вид, как на рисунке 70.

В блоке также появляется панель «Ингаляция» вне зависимости от типа выбранного внешнего облучения, куда входят следующие параметры:

- «Дозовый коэффициент при ингаляционном поступлении (название радионуклида), Зв/Бк»;
- «Множитель для учета поступления (название радионуклида) через кожу, б/р»;
- «Годовой объем вдыхаемого воздуха (группа населения), куб.м»;
- «Время нахождения вблизи водного объекта, час/год»;
- «Средняя абсолютная влажность воздуха, г/куб.м»;
- «Средняя температура воздуха вблизи водного объекта, °С».

Исходные данные

'Группа населения: Рыбаки'

Период, за который рассчитывается доза, мес.

Объемная активность **Cs-137** в воде, Бк/л

Поверхностная активность в донных отложениях **Cs-137**, Бк/кв.м

Период полураспада **Cs-137** лет

Использовать рассчитанные удельные активности :

Внутреннее облучение

Заглатывание, мл/час

Годовое потребление 'Вода (загл. при купании)', л/год

Коэффициент биоаккумуляции **Cs-137** для 'Вода (загл. при купании)', л/кг

Удельная активность **Cs-137** в 'Вода (загл. при купании)', Бк/кг

Поступление **Cs-137** с 'Вода (загл. при купании)', Бк/год

Дозовый коэффициент, мЗв/Бк

Ингаляция

Дозовый коэффициент при ингаляционном поступлении **Cs-137**, Зв/Бк

Годовой объем вдыхаемого воздуха ('Рыбаки'), куб.м

Время нахождения 'Рыбаки' на орошаемой территории, час/год

Коэффициент перехода **Cs-137** из воды в пыль, б/р

Внешнее облучение от 'Пребывание на орошаемой территории'

Продолжительность, час/год

Дозовый коэффициент **Cs-137**, мЗв * кв.м/ (Бк * с)

Геометрический фактор

Коэффициенты снижения активности Cs-137 (без учета распада)

С поверхности растений, 1/сут

Корневого слоя почвы, 1/сут

Рисунок 69 – Блок «Исходные данные» при выборе радионуклида Н-3 (третия)

Исходные данные

'Группа населения: Рыбаки'

Период, за который рассчитывается доза, мес.

Объемная активность **Н-3** в воде, Бк/л

Поверхностная активность в донных отложениях **Н-3**, Бк/кв.м

Период полураспада **Н-3** лет

Использовать рассчитанные удельные активности :

Внутреннее облучение

Заглатывание, мл/час

Годовое потребление 'Вода (загл. при купании)', л/год

Коэффициент биоаккумуляции **Н-3** для 'Вода (загл. при купании)', л/кг

Удельная активность **Н-3** в 'Вода (загл. при купании)', Бк/кг

Поступление **Н-3** с 'Вода (загл. при купании)', Бк/год

Дозовый коэффициент **Н-3**, мЗв/Бк Все тело

Ингаляция

Дозовый коэффициент при ингаляционном поступлении **Н-3**, Зв/Бк

Множитель для учета поступления **Н-3** через кожу, б/р

Годовой объем вдыхаемого воздуха **Рыбаки**, куб.м

Время нахождения вблизи водного объекта, час/год

Средняя абсолютная влажность воздуха, г/куб.м

Средняя температура воздуха вблизи водного объекта, С

Внешнее облучение от 'Пробывание в воде / купание'

Продолжительность, час/год

Дозовый коэффициент **Н-3**, мЗв * куб.м / (Бк * с)

Геометрический фактор

Рисунок 70 – Блок «Исходные данные» при выборе радионуклида Н-3 (третия)

7.5.4 Блок «Результаты»

Результаты отображаются сразу после изменения входных параметров в правой части окна, в таблице (см. рисунок 71). В таблице отображаются дозы только для выделенной группы населения (её название отображается в заголовке), при этом в самом списке «Группы населения» пункты всегда автоматически сортируются от большей рассчитанной дозы к меньшей.

Результаты	
Отображать результаты:	В сумме по всем участкам водопользования
Критическая группа населения:	'до 1 года'
'Группа населения: 7-12 лет'	
	Доза, мЗв
▶ Эффективная доза	0.304186
▶ Эквивалентная доза (Гонады)	9.30116e-06
▶ Эквивалентная доза (Кожа)	9.26128e-06
▶ Эквивалентная доза (Костная поверхность)	0.00506679
▶ Эквивалентная доза (Красный костный мозг)	0.00187482
▶ Эквивалентная доза (Легкие)	9.28666e-06
▶ Эквивалентная доза (Молочная железа)	0.00506685
▶ Эквивалентная доза (Нижняя часть толстого кишечника)	0.000223221
▶ Эквивалентная доза (Щитовидная железа)	9.29572e-06

Рисунок 71 – Блок результатов при расчете доз

В таблице отображаются 9 видов дозы: эффективная доза на все тело и эквивалентная доза на каждый из органов: гонады, кожу, костную поверхность, красный костный мозг, легкие, молочную железу, нижнюю часть толстого кишечника, щитовидную железу.

Фильтр «Отображать результаты» над таблицей позволяет выводить их двумя способами:

- «В сумме по всем участкам водопользования»;
- «По отдельным участкам водопользования» – только для выделенного в текущий момент в списке участка.

Программа автоматически определяет группу с наибольше дозой облучения и выводит её название в строке «Критическая группа населения».

Таблица результатов может быть подвернута декомпозиции с целью более детального отображения расчетов доз от конкретных радионуклидов и/или видов облучения и водопользования, как это показано на рисунке 72. Декомпозиция через раскрытие вложенных списков доступна в следующих комбинациях:

- Тип дозы → Радионуклид → Тип внешнего облучения, поступления в организм или продукта питания;

– Тип дозы → Тип внешнего облучения, поступления в организм или продукта питания → Радионуклид.

Группа населения: 7-12 лет	
	Доза, мЗв
▼ Эффективная доза	0.304186
▼ Радионуклиды	
▶ Cs-137	0.000188375
▼ Sr-90	0.303997
Пребывание в воде / купание	4.34359e-08
Пребывание на заливных лугах/в поймах рек	1.30709e-07
Пребывание на орошаемой территории	4.18677e-10
Пребывание на пляже	1.25196e-08
Рыбная ловля / пребывание на плавсредствах	4.34359e-08
Вода (загл. при купании)	0.0938431
Молоко	0.001751
Мясо	0.000413993
Овощи	0.182189
Питьевая вода	0.0069462
Рыба	0.018854
▼ Пути поступления / продукты	
▼ Пребывание в воде / купание	5.81875e-08
Cs-137	1.47516e-08
Sr-90	4.34359e-08
▼ Пребывание на заливных лугах/в поймах рек	6.60719e-06
Cs-137	6.47648e-06
Sr-90	1.30709e-07
▶ Пребывание на орошаемой территории	5.08522e-10
▶ Пребывание на пляже	6.32847e-07
▶ Рыбная ловля / пребывание на плавсредствах	5.81875e-08
▶ Вода (загл. при купании)	0.0938752
▶ Молоко	0.00175705
▶ Мясо	0.000415142
▶ Овощи	0.182227
▶ Питьевая вода	0.00694857

Рисунок 72 – Блок результатов при расчете доз. Декомпозиция доз

7.6 Расчет радиационного воздействия на биоту

Расчет радиационного воздействия на биоту может быть проведен после расчета содержания радионуклидов в воде и донных отложениях путем вызова пункта «Расчет

воздействия на биоту» меню «Проект» (см. рисунок 12). Расчеты производятся в отдельном окне «Воздействие на биоту» (см. рисунок 73).

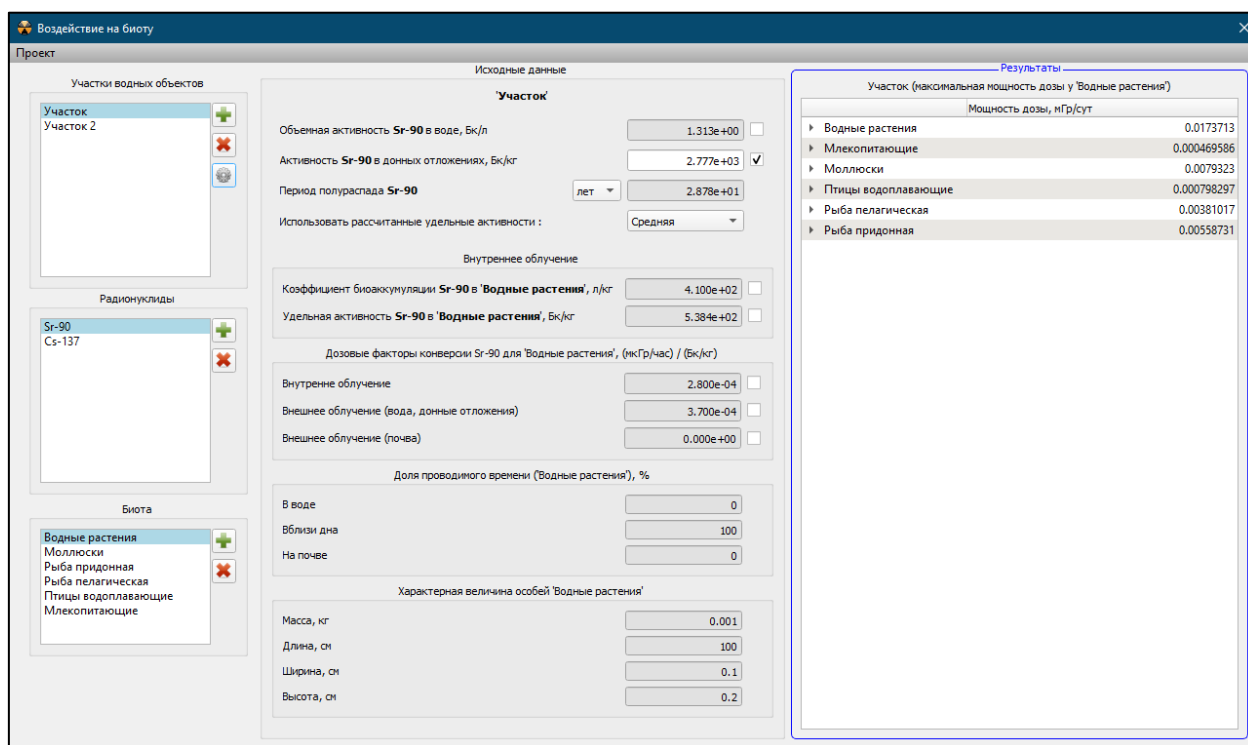





Рисунок 73 – Окно «Воздействие на биоту»

Окно разделяется на три блока:

- Списки управляющих параметров;
- Исходные данные;
- Результаты.



Вид всех блоков одинаков для всех доступных для расчета типов водных объектов: однородного водоёма, реки и сложного водного объекта. Интерфейс очень близок к окну расчета доз (см. п. 7.5).

В левой части окна присутствуют списки управляющих параметров:

– «Участки водных объектов» – участки, различающиеся условиями облучения или составом биоты. Во всех списках пункты можно добавлять в расчет или удалять с помощью кнопок  и . При добавлении нового участка в список появляется окно (см. рисунок 66), где в поле «Название» нужно ввести название участка водопользования (определяется пользователем) и нажать кнопку «Добавить». Для уже выделенного участка водопользования можно указать детальные параметры, используя кнопку , в результате

откроется окно «Информация об участке водопользования/ участке водной системы», в котором следует указать значения параметров, свойственных участкам разных типов водных объектов (см. рисунок 67). Перечень параметров для разных водных объектов соответствует описанию из п. 7.5.

– «Радионуклиды» – список радионуклидов, участвующих в расчетах. Редактирование списка аналогично описанию в п.7.2.3.

– «Биота» – список типов биоты, который содержит типовой набор позиций: водные растения, моллюски, рыба придонная, птицы водоплавающие, рыба пелагическая, млекопитающие. Для конкретного расчета и в рамках указанного набора список может корректироваться с помощью кнопок  и .

Блок «Исходные данные» включает:

– Набор параметров исходной активности:

- а) «Объемная активность (радионуклида) в воде, Бк/л» – берется по умолчанию из результатов расчета переноса в водном объекте;
- б) «Активность (радионуклида) в донных отложениях, Бк/кг» – берется по умолчанию из результатов расчета переноса в водном объекте;
- в) «Период полураспада (радионуклида)» – отображается типовое табличное значение. Выбирается размерность: в часах, сутках или годах;
- г) «Использовать рассчитанные удельные активности» – на выбор из выпадающего списка:
 - 1) «Средняя» – среднее значение за период моделирования;
 - 2) «Максимальная по времени» – максимальное значение за период моделирования.

– «Внутреннее облучение» – параметры внутреннего облучения для биоты:

- а) «Коэффициент биоаккумуляции (радионуклида) в (типе биоты), л/кг» – по результатам расчетов программы;
- б) «Удельная активность (радионуклида) в (типе биоты), Бк/кг» – по результатам расчетов программы.

– «Дозовые факторы конверсии (радионуклида) для (типа биоты), (мкГр/час)/(Бк/кг)»:

- а) «Внутреннее облучение» – все виды внутреннего облучения;
- б) «Внешнее облучение (вода, донные отложения)» – внешнее облучение от воды и донных отложений;
- в) «Внешнее облучение (почва)» – внешнее облучение от почвы.

– «Доля проводимого времени (у типа биоты), %» – данные справочные из базы программы:

- а) «В воде»;
- б) «Вблизи дна»;
- в) «На почве».

– «Характерная величина особей (тип биоты)» – данные справочные из базы программы:

- а) «Масса, кг»;
- б) «Длина, см»;
- в) «Ширина, см»;
- г) «Высота, см».

Блок «Результаты» представляет собой таблицу значений мощности доз (мГр/сут.), где дозы суммируются для каждого типа биоты: для водных растений, млекопитающих, моллюсков, птиц водоплавающих, рыбы пелагической, рыбы придонной.

Над таблицей выводится название (выделенного) участка, для которого выводятся результаты, и в скобах название типа биоты, для которой рассчитанная мощность дозы максимальна.

Таблица может быть декомпозирована для уточнения деталей вклада в мощность дозы от разных радионуклидов и видов облучения. Пример этого приведен на рисунке 74. Декомпозиция может быть проведена по двум путям:

- Тип биоты→Радионуклид→ Путь поступления (вид облучения);
- Тип биоты→Путь поступления (вид облучения)→Радионуклид.

Результаты	
Участок (максимальная мощность дозы у 'Водные растения')	
	Мощность дозы, мГр/сут
▼ Водные растения	0.0136538
▼ Радионуклиды	
▼ Cs-137	0.00129562
Внутреннее облучение	2.82759e-07
Внешнее от воды	0
Внешнее от донных отложений	0.00129534
Внешнее от почвы	0
▶ Sr-90	0.0123582
▼ Пути поступления	
▼ Внутреннее облучение	8.8414e-05
Cs-137	2.82759e-07
Sr-90	8.81312e-05
▶ Внешнее от воды	0
▶ Внешнее от донных отложений	0.0135654
▶ Внешнее от почвы	0
▶ Млекопитающие	3.13694e-05
▶ Моллюски	0.00289967
▶ Птицы водоплавающие	0.000418558
▶ Рыба пелагическая	6.14297e-05
▶ Рыба придонная	0.00173732

Рисунок 74 – Блок результатов при оценке радиационного воздействия на биоту.
Декомпозиция доз

Из окна «Воздействие на биоту» можно перейти в окна расчета удельной активности или расчета доз на население через соответствующие пункты меню «Проект».

8 Проведение расчетов через ГИС-интерфейс

Проведение расчетов на ПС «Сибилла 2.0» с применением картографического интерфейса возможно только с использованием совместно с ним программной надстройки «Сибилла-ГИС-коннектор», функционирующий в форме плагина над ГИС QGIS. Детальное описание ПС «Сибилла-ГИС-коннектор», порядок его установки и работы совместно с ПС «Сибилла 2.0» представлен в руководстве [4].

Применение картографической надстройки позволяет проводить расчеты для систем сообщающихся водных объектов, а также в задачах выпадения радиоактивных аэрозолей из облака на зеркало водных объектов. Такие расчеты частично могут быть реализованы и через основной интерфейс ПС «Сибилла 2.0», что описывается в п.11.

9 Расчет допустимых сбросов в водные объекты

9.1 Общие сведения о модуле

В ПС «Сибилла 2.0» реализованы модели расчета допустимых сбросов в водные объекты в соответствии с действующими нормативами. В их основе лежат алгоритмы, описанные в [12, 13].

Модуль расчета допустимых сбросов в ПС «Сибилла 2.0» реализован в форме отдельного приложения. Для его активации пользователю необходимо запустить файл `discharges.exe`, расположенный в поддиректории `\\bin/` размещения ПС «Сибилла 2.0».

Модуль имеет свое интерфейсное окно, представленное на рисунке 75. При его открытии пользователь должен самостоятельно заполнить исходные данные (установив флаг возле соответствующих полей) или использовать встроенные алгоритмы программы для их оценки (флаг должен быть снят). В отличие от задач оценки доз на население или воздействия на биоту, в окне «Расчет допустимых сбросов» не транслируется никаких расчетов из других модулей ПС «Сибилла 2.0».

Расчет допустимых сбросов

Проект

Сброзные устройства

Сброзное устройство

Радионуклиды

Cs-137

Группы населения

Взрослые (старше 17 лет)

Участки водопользования

Участок водопользования

Элементы водных объектов

Озеро

Исходные данные

Потребление продуктов, кг/год (Взрослые (старше 17 лет), 'Участок водопользования')

Вода	730
Рыба	22
Молоко	325
Месо	73
Фруктово-овощная продукция	230

Водопользование, год/год (Взрослые (старше 17 лет), 'Участок водопользования')

Плавание	0.011
Рыбная ловля	0.022
Прекращение на пляже	0.022
Прекращение на покое	0.046
Прекращение на орошаемых территориях	0.046
Выдыхание пыли (полюс, орошаемые территории, ...)	0

Дозовые коэффициенты (Cs-137, 'Взрослые (старше 17 лет)')

От заглывания, Эд/Бк	1.3e-08
От ингаляции, Эд/Бк	4.6e-09

Коэффициенты распределения (Cs-137, 'Участок водопользования')

Вода - дно, куб.м/кг	29
Вода - пойменная почва, куб.м/кг	172.019
Коэффициент перехода из воды (орошение) через почву в воздух, б/р	0

Коэффициенты накопления (перехода по пищевым цепям), куб.м/кг (Cs-137, 'Участок водопользования')

Рыба	2.5
Фруктово-овощная продукция	0.0081798
Молоко за счет водопоя	0.00599962
Месо за счет водопоя	0.0119849
Молоко за счет выпаса на орошаемых землях	0.558609
Месо за счет выпаса на орошаемых землях	1.25537

Саноо-ишение за счет всех процессов, кроме распада (Cs-137, 'Участок водопользования')

На поверхности растений, 1/сут	0.05
В корневом слое почвы, 1/сут	0.00014

Дозовая квота и результаты

Дозовая квота, Эд/год

5e-05

Результаты расчета

- Максимальные удельные активности, Бк/л
- Допустимые сбросы, Бк/год

Сброс: допустим




Рисунок 75 – Окно «Расчет допустимых сбросов»

Для проведения расчетов пользователь должен выполнить следующие действия:

- сформировать список точек сброса и задать для каждой из них значение минимального годового сброса;
- сформировать список радионуклидов, потенциально присутствующих в сбросах;
- сформировать список групп населения, для которых будет производиться расчет;
- произвести разделение водной системы на элементарные участки в соответствии с [1, 13] ввести информацию об участках в программу;
- составить список критических участков (участков водопользования) и внести о них информацию в программу;
- задать параметры, необходимые для расчета коэффициентов разбавления загрязненных вод для каждой пары «точка сброса – критический участок». В случае, если загрязненные воды по пути проходят через несколько элементов водной системы, необходимые параметры пути требуется задать отдельно;
- задать иные параметры, необходимые для проведения расчета, включая параметры водопользования, условия передачи радионуклидов по пищевым цепям и прочие;
- инициировать процедуру расчета;
- после завершения расчета проанализировать его результаты.

9.2 Списки управляющих параметров

В левой части окна расположены списки управляющих параметров:

- «Сбросные устройства» – точка сброса радиоактивной примеси, которой соответствует некоторый минимальный годовой объем сброса. Количество устройств может корректироваться с помощью кнопок  и . При добавлении сбросного устройства пользователь вводит его название и минимальный годовой сброс в м³. Редактируется этот параметр с помощью кнопки  в окне «Сбросное устройство» (см. рисунок 76).

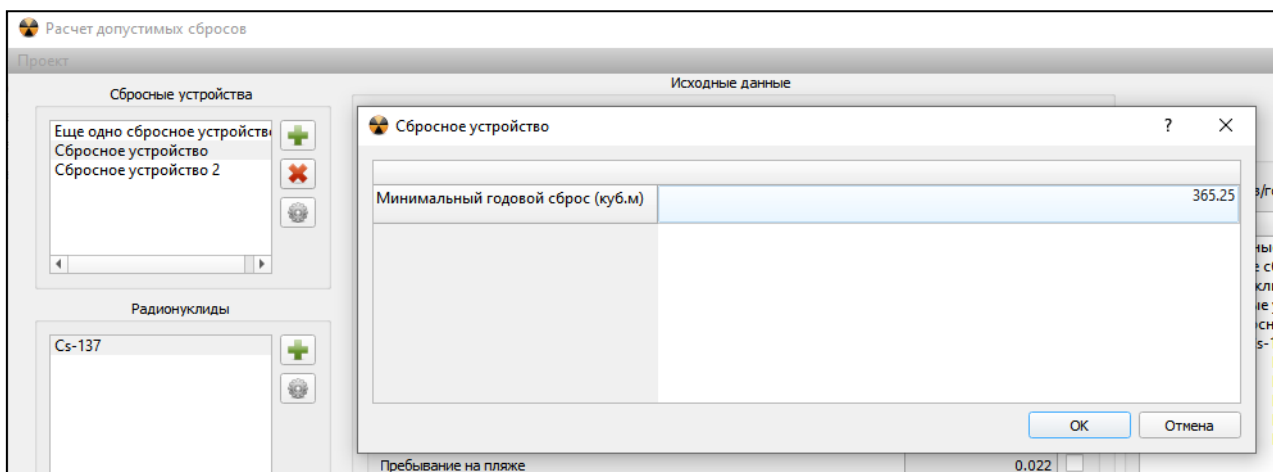



Рисунок 76 – Редактирование перечня параметров сбросных устройств

– «Радионуклиды» – перечень радионуклидов, участвующих в расчетах. Редактируется аналогично спискам, описанным в п.7.2.3. Свойства радионуклида редактируются по нажатию кнопки  в окне «Параметры (радионуклида)» (см. рисунок 77). Среди свойств редактируются:

- а) «Дозовый коэффициент от погружения в воду, $(Зв \cdot \text{куб.м}) / (\text{Бк} \cdot \text{с})$ » – для оценки доз от купания;
- б) «Дозовый коэффициент от загрязненной поверхности, $(Зв \cdot \text{кв.м}) / (\text{Бк} \cdot \text{с})$ » – для оценки доз от нахождения на берегу (коэффициенты для других видов облучения приводятся в блоке исходных данных).

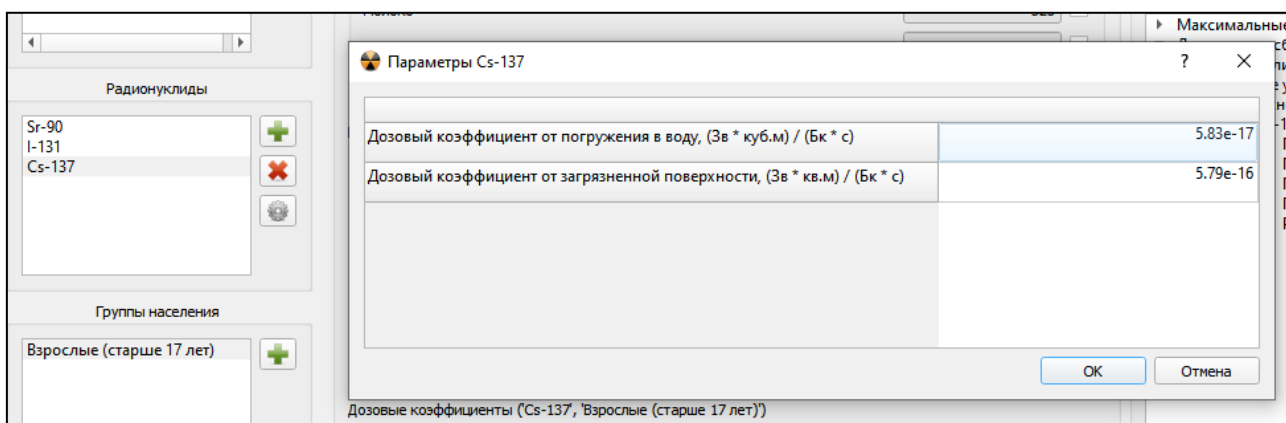


Рисунок 77 – Перечень и параметры доступных радионуклидов для устройств сброса



Для радионуклида Н-3 (третия) перечень редактируемых параметров будет отличаться. Он представлен на рисунке 78. В нем дополнительно присутствуют следующие пункты:

- а) «Использовать интегральный дозовый коэффициент трития $2.6E-8$ $(Зв*л)/(Бк*год)$ » – выбирается «Да» или «Нет». Если выбирается «Нет», то в формуле для максимальной удельной активности вместо данного значения будет стоять единица (формула 16 [1]);
- б) «Доля трития от потребл. корма, поступ. в молоко, б/р»;
- в) «Доля трития от потребл. корма, поступ. в мясо, б/р».

Параметр	Значение
Дозовый коэффициент от погружения в воду, $(Зв * куб.м) / (Бк * с)$	0
Дозовый коэффициент от загрязненной поверхности, $(Зв * кв.м) / (Бк * с)$	0
Использовать интегральный дозовый коэффициент трития $2.6E-8$ $(Зв*л)/(Бк*год)$	Да
Доля трития от потребл. корма, поступ. в молоко, б/р	0
Доля трития от потребл. корма, поступ. в мясо, б/р	0

Рисунок 78 – Параметры радионуклидов для Н-3 (трития)

– «Группы населения» – перечень групп населения, согласно [9], участвующих в расчетах. Список редактируется, согласно п. 7.5.1.

– «Участки водопользования» – участки, на основании оценок доз на население в которых будут оцениваться допустимые сбросы. Количество участков редактируется с помощью кнопок  и . При добавлении нового участка появляется окно «Новый участок водопользования» (см. рисунок 79), где пользователь вводит его параметры:

- «Наименование» – произвольное название участка;
- «Водный объект» – выбирается из списка название водного объекта, к которому относится участок. Список водных объектов соответствует списку «Элементы водных объектов»;
- «Содержание взвесей, кг/куб.м»;
- «Плотность почвы, кг/куб.м»;
- «Глубина загрязненного слоя почвы, м»;
- «Расход воды на орошение, куб.м/(кв.м*год)».
- «Продолжительность орошения, лет»;


- «Дней между сбором урожая и потреблением плодовоовощных культур»;
- «Дней, в течение которых происходит улавливание выпадений поверхностью растений»;
- «Дней орошения в год»;
- «Дней между надоем молока и его потреблением»;
- «Дней между забоем скота и потреблением мяса»;
- «Объем воды, потребляемый молочным скотом, куб.м/сут.»;
- «Объем воды, потребляемый мясным скотом, куб.м/сут.»;
- «Масса корма, потребляемая молочным скотом, куб.м/сут.»;
- «Масса корма, потребляемая мясным скотом, куб.м/сут.»;
- «Доля года, в течение которой скот питается подножным кормом, б/р»;
- «Поверх. плотность корневого слоя почвы (поля), кг/кв.м»;
- «Поверх. плотность корневого слоя почвы (пастбища), кг/кв.м».

Новый участок водопользования

Наименование	Участок водопользования 1
Водный объект	Озеро
Содержание взвесей, кг/куб.м	0
Плотность почвы, кг/куб.м	1200
Глубина загрязненного слоя почвы, м	0.02
Расход воды на орошение, куб.м / (кв.м * год)	0.475
Продолжительность орошения, лет	50
Дней между сбором урожая и потреблением плодовоовощных культур	90
Дней, в течении которых происходит улавливание выпадений поверхностью растений	30
Дней орошения в год	120
Дней между надоем молока и его потреблением	1
Дней между забоем скота и потреблением мяса	20
Объем воды, потребляемый молочным скотом, куб.м/сут	0.06
Объем воды, потребляемый мясным скотом, куб.м/сут	0.04
Масса корма, потребляемая молочным скотом, кг/сут	16
Масса корма, потребляемая мясным скотом, кг/сут	12
Доля года, в течение которой скот питается подножным кормом, б/р	0.7
Поверхн. плотность корневого слоя почвы (поля), кг/кв.м	260
Поверхн. плотность корневого слоя почвы (пастбища), кг/кв.м	130



OK

Рисунок 79 – Окно параметров участка водопользования

Свойства участка водопользования также редактируются по нажатию кнопки  в окне «Участок водопользования» (см. рисунок 80). В нем редактируются все параметры участка, что и в окне «Новый участок водопользования».

Наименование	Значение
Участок водопользования	Участок водопользования
Водный объект	Озеро
Содержание взвесей, кг/куб.м	0.015
Плотность почвы, кг/куб.м	1200
Глубина загрязненного слоя почвы, м	0.02
Расход воды на орошение, куб.м / (кв.м * год)	0.475
Продолжительность орошения, лет	50
Дней между сбором урожая и потреблением плодовоовощных культур	90
Дней, в течении которых происходит улавливание выпадений поверхностью растений	30
Дней орошения в год	120
Дней между надоем молока и его потреблением	1
Дней между забоем скота и потреблением мяса	20
Объем воды, потребляемый молочным скотом, куб.м/сут	0.06
Объем воды, потребляемый мясным скотом, куб.м/сут	0.04
Масса корма, потребляемая молочным скотом, кг/сут	16
Масса корма, потребляемая мясным скотом, кг/сут	12
Доля года, в течение которой скот питается подножным кормом, б/р	0.7
Поверхн. плотность корневого слоя почвы (поля), кг/кв.м	260
Поверхн. плотность корневого слоя почвы (пастбища), кг/кв.м	130

Рисунок 80 – Окно свойств «Участка водопользования»

– «Элементы водных объектов» – редактируемый список взаимосвязанных водных объектов, включающих варианты: водоема, реки, большого водоёма или прибрежной зоны. Для его элементов задаются связи, за счет которых устанавливаются пути поступления примеси к участкам водопользования. Список редактируется с помощью кнопок  и . При добавлении нового элемента открывается окно «Тип элемента» (см. рисунок 81), где первоначально выбирается тип водного объекта: водоём, водоток/река, большой водоём/прибрежная зона.

При выборе водоёма открывается окно «Добавление элемента (среднегодовые значения параметров)» (см. рисунок 82), где необходимо ввести начальные данные по водоёму:

- «Название»;
- «Пресноводность»;

- «Проточность (минимальную за 30 лет), куб.м/с»;
- «Потери на фильтрацию (минимум за 30 лет), куб.м/с»;
- «Технологические потери (минимум за 30 лет), куб.м/с»;
- «Испарение (минимум за 30 лет), куб.м/с»;
- «Объём (соответствующий минимуму за 30 лет проточности), куб.м».

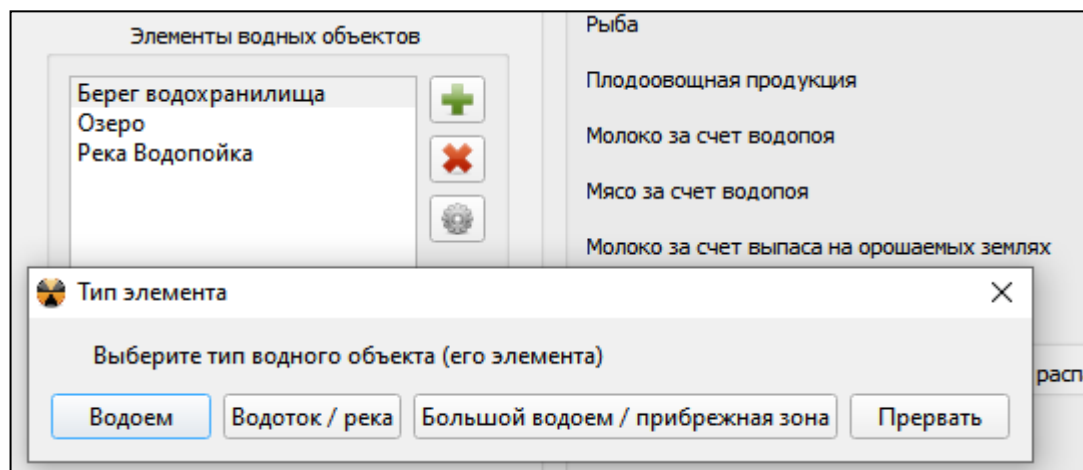


Рисунок 81 – Инструментарий выбора и разделения водных объектов в интерфейсе. Окно «Тип элемента»

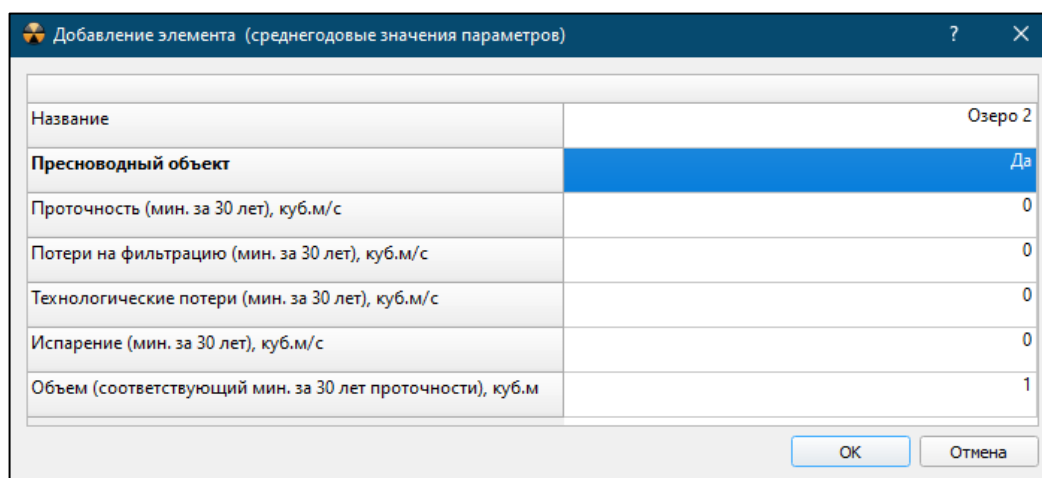


Рисунок 82 – Элементы водных объектов. Параметры водоема

При выборе реки открывается окно «Добавление элемента (среднегодовые значения параметров)» (см. рисунок 83), где необходимо ввести начальные данные:

- «Название»;
- «Пресноводность»;
- «Расход воды (минимальный за 30 лет), куб.м/с»;

- «Соответствующая данному расходу ширина, м»;
- «Соответствующая данному расходу глубина, м»;
- «Коэффициент поперечной турбулентной дисперсии, кв.м/с»;
- «Длина, м».

Название	Водоток
Пресноводный объект	Да
Расход воды (мин. за 30 лет), куб.м/с	1
Соответствующая данному расходу ширина, м	1
Соответствующая данному расходу глубина, м	1
Коэффициент поперечной турбулентной дисперсии, кв.м/с	0
Длина, м	1

Buttons: OK, Отмена

Рисунок 83 – Элементы водных объектов. Параметры водотоков (рек)


При выборе большого водоёма или прибрежной зоны открывается окно «Добавление элемента (среднегодовые значения параметров)» (см. рисунок 84), где необходимо ввести начальные данные:

- «Название»;
- «Пресноводность»;
- «Скорость прибрежного течения, м/с»;
- «Глубина в точке сброса, м».

Название	Берег Водоохранилища
Пресноводный объект	Да
Скорость прибрежного течения, м/с	0.1
Глубина в точке сброса, м	1

Buttons: OK, Отмена

Рисунок 84 – Элементы водных объектов. Параметры берега водохранилища

При выборе элемента в списке и нажатии на кнопку редактирования  появляется окно, где каждый из созданных элементов может быть отредактирован в части его параметров, указанных ранее (за исключением названия).

После заполнения всех списков управляющих параметров необходимо задать параметры разбавления, приписать пути переноса примеси от сбросных устройств к критическим участкам – участкам водопользования. Для этого используется пункт «Параметры разбавления» меню «Проект» главного окна (см. рисунок 85).

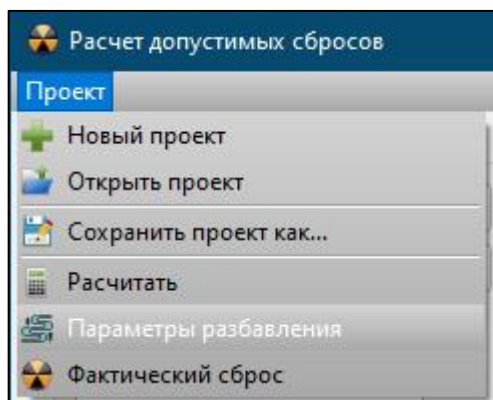


Рисунок 85 – Меню «Проект» окна расчета допустимых сбросов

На рисунке 86 представлено окно «Пути разбавления от сбросных устройств к участкам водопользования». В его верхней части, под надписью «Сбросное устройство и критический участок» присутствуют два списка:

- Левый – здесь приведены все сбросные устройства задачи;
- Правый – здесь приведены все участки водопользования задачи.

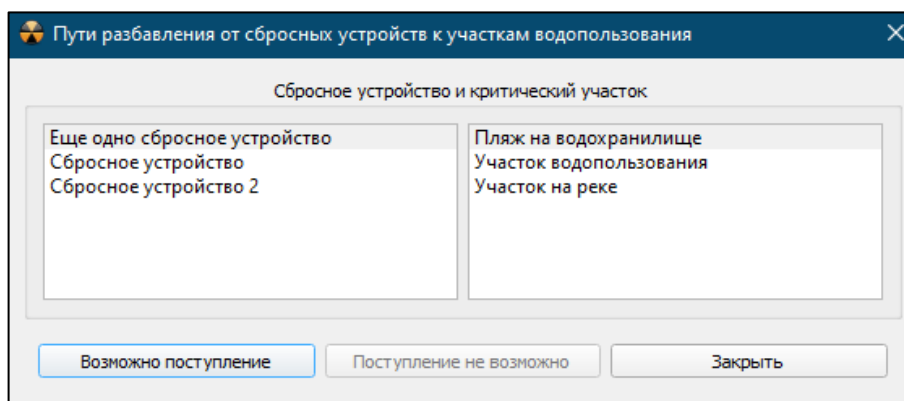


Рисунок 86 – Окно «Пути разбавления от сбросных устройств к участкам водопользования»

Пользователь должен выбрать пару устройство–участок, для которых он может установить разрешение на поступление или запретить его. Разрешение поступления означает, что поступающие радионуклиды от сбросного устройства могут через разбавление и течение дойти до данной точки водопользования. Очевидно, что конфигурация водного объекта может быть такова, что такое поступление невозможно или нет необходимости производить для него расчет. Чтобы разрешить поступление в паре устройство-участок нужно нажать кнопку «Возможно поступление». После этого окно примет вид, как на рисунке 87.

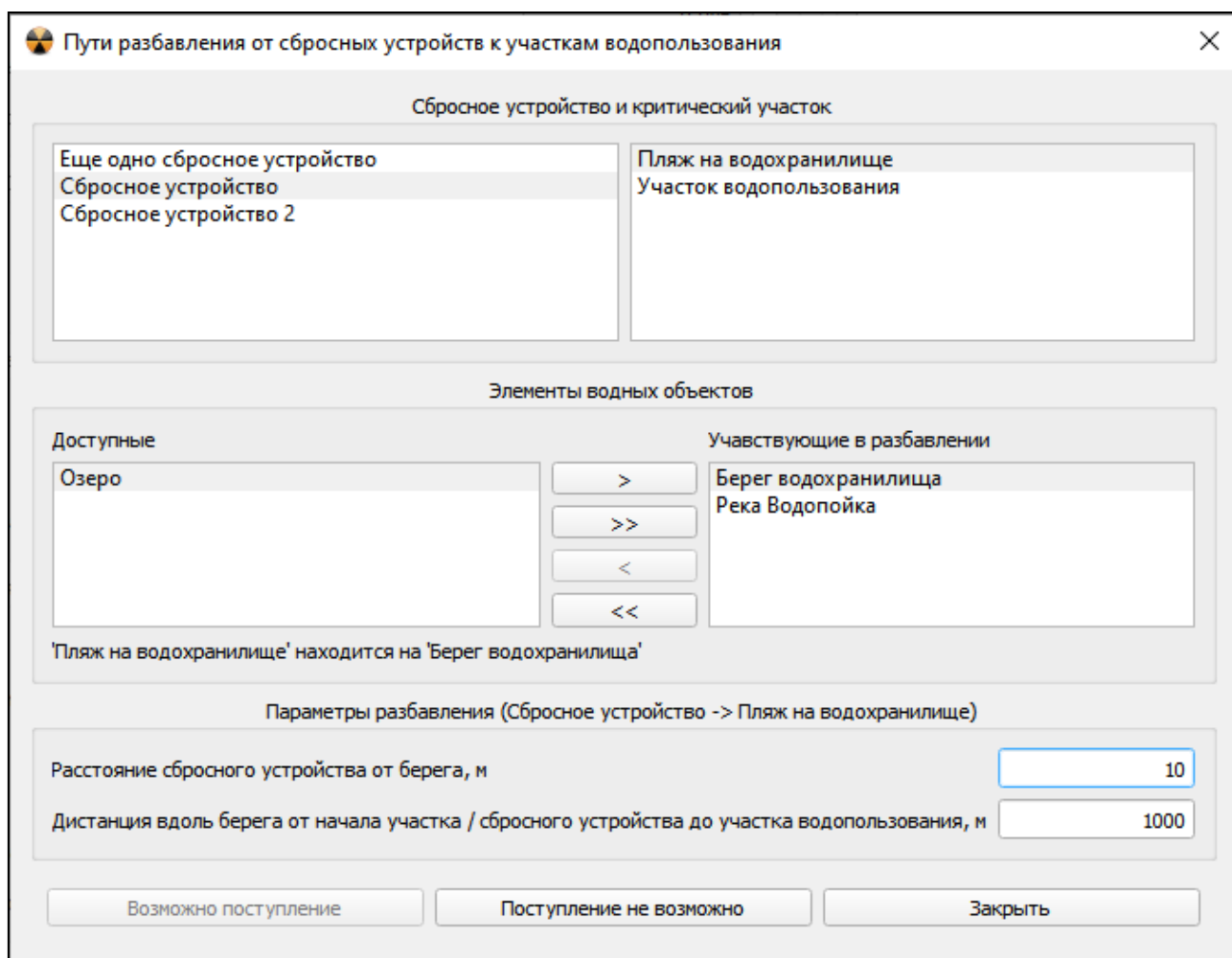


Рисунок 87 – Окно «Пути разбавления от сбросных устройств к участкам водопользования» при разрешенном поступлении

В блоке «Элементы водных объектов», в левой части необходимо выбрать и перенести в правую часть все элементы (водоёмы, реки и т.п.), которые следует учитывать при расчете разбавления примеси на пути от выбранного сбросного устройства к

выбранному участку водопользования. Для переноса элементов вправо и влево используются кнопки «>», «>>», «<<», «<».

В нижней части окна расположен блок «Параметры разбавления», причем набор параметров отличается, в зависимости от того, где располагается критический участок: на водоёме, большом водоёме/ в прибрежной зоне, на реке (см. рисунок 88).

The image shows a software window titled 'Пути разбавления от сбросных устройств к участкам водопользования'. It contains three panels, each with a title bar and a set of controls.

- Panel (a):** Title: 'Участок водопользования' находится на 'Озеро'. It has three buttons: 'Возможно поступление', 'Поступление невозможно', and 'Заккрыть'.
- Panel (b):** Title: 'Пляж на водохранилище' находится на 'Берег Водохранилища'. Subtitle: 'Параметры разбавления (Сбросное устройство -> Пляж на водохранилище)'. It has two input fields: 'Расстояние сбросного устройства от берега, м' (value 0) and 'Дистанция вдоль берега от начала участка / сбросного устройства до участка водопользования, м' (value 0). It has three buttons: 'Возможно поступление', 'Поступление невозможно', and 'Заккрыть'.
- Panel (v):** Title: 'Участок на реке' находится на 'Река Водопойка'. Subtitle: 'Параметры разбавления (Сбросное устройство -> Участок на реке)'. It has three input fields: 'Расстояние точки водопользования от берега, м' (value 0), 'Расстояние сбросного устройства от берега, м' (value 0), and 'Дистанция вдоль русла от начала участка / сбросного устройства до участка водопользования, м' (value 0). It has three buttons: 'Возможно поступление', 'Поступление невозможно', and 'Заккрыть'.

Рисунок 88 – Окно «Пути разбавления от сбросных устройств к участкам водопользования». Блок параметров разбавления: а) для водоёма; б) для большого водоёма/прибрежной зоны; в) для реки

Если критический участок расположен на водоёме, то дополнительных параметров для него задавать не требуется.

Если критический участок расположен на большом водоёме или в прибрежной зоне, то вводятся:

- «Расстояние сбросного устройства от берега, м» – имеется в виду от того берега, на котором располагается участок водопользования;
- «Дистанция вдоль берега от начала участка / сбросного устройства до участка водопользования, м» – дистанция от сбросного устройства задаётся только тогда, когда и оно и точка водопользования находятся на одном водном объекте.

Если критический участок расположен на реке, то вводятся:

- «Расстояние от точки водопользования до берега, м»;
- «Расстояние сбросного устройства от берега, м» – имеется в виду от того берега, на котором располагается участок водопользования;
- «Дистанция вдоль русла от начала участка / сбросного устройства до участка водопользования, м» – дистанция от сбросного устройства указывается, если оно и точка водопользования находятся на одной и той же реке.

Среди участвующих в разбавлении следует указывать все водные объекты, через которые будет проходить примесь от точки сброса (порядок прохождения не имеет значения). Если от сбросного устройства примесь не может поступить к точке водопользования или нет необходимости в проведении подобного расчета, то следует нажать кнопку «Поступление невозможно». После чего вид окна снова станет, как на рисунке 86. После настройки параметров разбавления необходимо нажать кнопку «Закреть».

9.3 Блок «Исходные данные»

Блок «Исходные данные» представлен на рисунке 89. В нем присутствуют следующие панели параметров:

– «Потребление продуктов, кг/год (для выделенной группы населения), (для выделенного участка водопользования)»:

- а) «Вода»;
- б) «Рыба»;
- в) «Молоко»;
- г) «Мясо»;
- д) «Флодоовощная продукция».

– «Водопользование, год/год (для выделенной группы населения), (для выделенного участка водопользования)» – относительная доля времени для каждого типа водопользования:

- а) «Плавание»;
- б) «Рыбная ловля»;

- в) «Пребывание на пляже»;
- г) «Пребывание на пойме»;
- д) «Пребывание на орошаемых территориях»;
- е) «Вдыхание пыли (пойма, орошаемые территории,...)».

Расчет допустимых сбросов

Проект

Сбросные устройства

- Еще одно сбросное устройство
- Сбросное устройство
- Сбросное устройство 2

Радионуклиды

- Sr-90
- I-131
- Cs-137

Группы населения

- Взрослые (старше 17 лет)
- Взрослые рыбаки
- Дети 7 - 12 лет

Участки водопользования

- Пляж на водохранилище
- Участок водопользования

Элементы водных объектов

- Берег водохранилища
- Озеро
- Река Водопойка

Исходные данные

Потребление продуктов, кг/год ('Взрослые рыбаки', 'Пляж на водохранилище')

Вода	730	<input type="checkbox"/>
Рыба	22	<input type="checkbox"/>
Молоко	325	<input type="checkbox"/>
Мясо	73	<input type="checkbox"/>
Фруктово-овощная продукция	230	<input type="checkbox"/>

Водопользование, год/год ('Взрослые рыбаки', 'Пляж на водохранилище')

Плавание	0.011	<input type="checkbox"/>
Рыбная ловля	0.022	<input type="checkbox"/>
Пребывание на пляже	0.022	<input type="checkbox"/>
Пребывание на пойме	0.046	<input type="checkbox"/>
Пребывание на орошаемых территориях	0.046	<input type="checkbox"/>
Вдыхание пыли (пойма, орошаемые территории, ...)	0	<input type="checkbox"/>

Дозовые коэффициенты ('Cs-137', 'Взрослые рыбаки')

От заглатывания, Зв/Бк	1.3e-08	<input type="checkbox"/>
От ингаляции, Зв/Бк	4.6e-09	<input type="checkbox"/>

Коэффициенты распределения ('Cs-137', 'Пляж на водохранилище')

Вода - дно, куб.м/кг	29	<input type="checkbox"/>
Вода - пойменная почва, куб.м/кг	172.019	<input type="checkbox"/>
Коэффициент перехода из воды (орошение) через почву в воздух, б/р	0	<input type="checkbox"/>

Коэффициенты накопления (перехода по пищевым цепям), куб.м/кг ('Cs-137', 'Пляж на водохранилище')

Рыба	2.5	<input type="checkbox"/>
Фруктово-овощная продукция	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Молоко за счет водопоя	0.00599962	<input type="checkbox"/>
Мясо за счет водопоя	0.0119849	<input type="checkbox"/>
Молоко за счет выпаса на орошаемых землях	0.327679	<input type="checkbox"/>
Мясо за счет выпаса на орошаемых землях	0.736398	<input type="checkbox"/>

Самоочищение за счет всех процессов, кроме распада ('Cs-137', 'Пляж на водохранилище')

На поверхности растений, 1/сут	0.05	<input type="checkbox"/>
В корневом слое почвы, 1/сут	0.00014	<input type="checkbox"/>

Рисунок 89 – Блок «Исходные данные» окна оценки допустимых радиоактивных сбросов

– «Дозовые коэффициенты (для выделенного радионуклида, для выделенной группы населения)»²:

а) «От заглатывания, Зв/Бк»;

б) «От ингаляции, Зв/Бк».

– «Коэффициенты распределения (для выделенного радионуклида, для выделенного участка водопользования)»:

а) «Вода – дно, куб.м/кг»;

б) «Вода – пойменная почва, куб.м/кг»;

в) «Коэффициент перехода из воды (орошение) через почву в воздух, б/р».

– «Коэффициенты накопления (перехода по пищевым цепям), куб.м/кг (для выделенного радионуклида, для выделенного участка водопользования)»:

а) «Рыба»;

б) «Плодоовощная продукция»;

в) «Молоко за счет водопоя»;

г) «Мясо за счет водопоя»;

д) «Молоко за счет выпаса на орошаемых землях»;

е) «Мясо за счет выпаса на орошаемых землях».

– «Самоочищение за счет всех процессов, кроме распада (для выделенного радионуклида, для выделенного участка водопользования)»:

а) «На поверхности растений, 1/сут.»;

б) «В корневом слое почвы, 1/сут.».

9.4 Блок «Дозовая квота и результаты»

² Следует отметить, что для трития дозовые коэффициенты существенно различаются для органически связанного трития и для тритиевой воды. При расчете дозы облучения от потребления загрязненных продуктов питания консервативно используются дозовые коэффициенты для органически связанного трития. При расчете дозы от потребления питьевой воды используются дозовые коэффициенты для тритиевой воды.

Результаты в окне «Расчет допустимых сбросов» пересчитываются автоматически при любом изменении исходных данных. При этом можно активировать процедуру пересчета через меню «Проект», вызвав пункт «Расчет».

Блок результатов расчета приведен на рисунке 90.

Дозовая квота и результаты	
Дозовая квота, Зв/год	5e-05
	Результаты расчета
▼ Максимальные удельные активности, Бк/л	
▼ Радионуклиды	
▶ Sr-90	
▼ I-131	
▶ пляж на водохранилище	
▼ Участок водопользования	
▼ Пребывание на пляже	
Взрослые (старше 17 лет)	49283.4
▶ Вдыхание пыли	
▶ Потребление рыбы	
▶ Рыбная ловля	
▶ Пребывание на пойме	
▶ Заглатывание воды при купании	
▶ Пребывание на орошаемых территориях	
▶ Выпас мясного скота	
▶ Водопой мясного скота	
▶ Выпас молочного скота	
▶ Водопой молочного скота	
▶ Купание	
▶ Потребление плодово-овощной продукции	
▼ Потребление воды	
Взрослые (старше 17 лет)	3113.33
▶ Cs-137	
▶ Участки водопользования	
▼ Допустимые сбросы, Бк/год	
▶ Радионуклиды	
▼ Сбросные устройства	
▶ Еще одно сбросное устройство	
▼ Сбросное устройство	
▶ Sr-90	
▶ I-131	
▼ Cs-137	
По содержанию в сбросных водах	8.03e+07
По содержанию в донных отложениях	1.01001e+09
По содержанию в воде	3.18526e+11
По дозовому критерию	3.57858e+08
Результирующий	8.03e+07
▶ Сбросное устройство 2	

Рисунок 90 – Блок результатов расчета для допустимых сбросов

В верхней части блока присутствует поле «Дозовая квота, Зв/год» – это квота дозы облучения человека для критической группы населения из имеющихся в списке «Группы населения». В блоке два раздела:

– «Максимальные удельные активности, Бк/л» – максимальная допустимая активность радионуклида в воде, в соответствии с указанной квотой, а также установленными нормативами [14];

– «Допустимые сбросы, Бк/год» – значение максимального допустимого сброса по активности за год, в соответствии с указанной квотой, а также установленными нормативами [14].

Пункт «Максимальные удельные активности» может быть раскрыт через ветви нижнего уровня в следующих порядках:

– Радионуклиды→Участки водопользования→Виды облучения (поступления)
→Группы населения;

– Участки водопользования→Радионуклиды→Виды облучения (поступления)
→Группы населения.

Пункт «Допустимые сбросы» может быть раскрыт через ветви нижнего уровня в следующих порядках:

– Радионуклиды→Сбросные устройства→Типы критериев (с результирующими значениями);

– Сбросные устройства →Радионуклиды→ Типы критериев (с результирующими значениями).

Предлагаются следующие типы критериев в соответствии с [14] и результаты в Бк/год:

– «По содержанию в сбросных водах» – по критерию непревышения 10% от минимального значения удельной активности радионуклида в радиоактивных отходах по ОСПОРБ – 99/2010 [10];

– «По содержанию в донных отложениях» – по критерию непревышения удельной активности в донных отложениях, по которому их можно отнести к твердым радиоактивным отходам, согласно ОСПОРБ – 99/2010 [10];

– «По содержанию в воде» – по критерию непревышения уровня вмешательства для указанного радионуклида в воде, согласно НРБ-99/2009 [9];

- «По дозовому критерию» – по критерию не превышения указанной пользователем дозовой квоты по всем видам облучения для критической группы населения;
- «Результирующий» – минимальное значение из вышеперечисленных.

Если для сбросного устройства не прописан путь разбавления до участков водопользования, то, фактически, для них не будет ограничений на величину допустимого сброса по критериям дозы, содержания в воде и донных отложениях. В этом случае в результатах будет указано «Нет ограничений».

Под таблицей с результатами расчета присутствует еще один блок, где выводится результат задачи оценки допустимости заданного сброса. Здесь выводится информация, допустим ли выброс с заданной пользователем активностью или нет, и по каким радионуклидам. Чтобы задать активность пользовательского сброса нужно через меню «Проект» пункт «Фактический сброс» открыть окно, приведенное на рисунке 91.

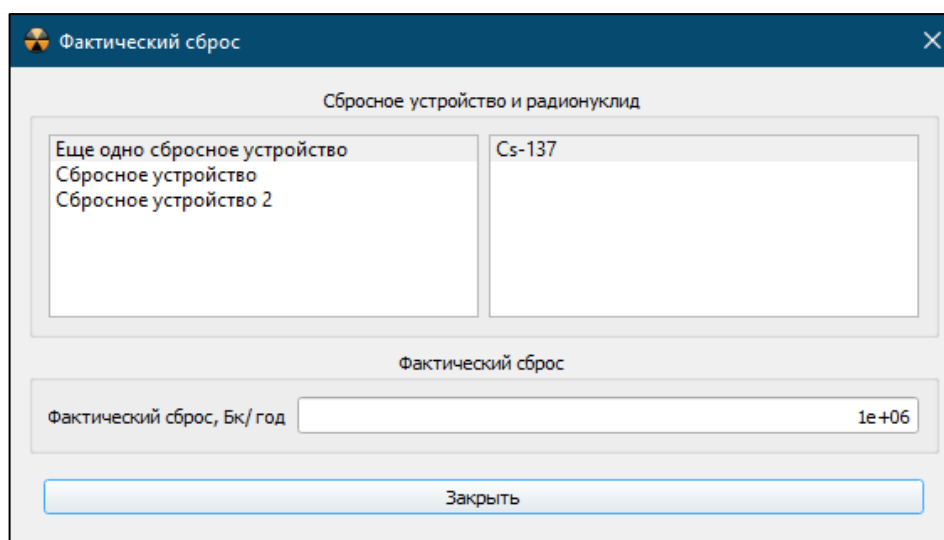


Рисунок 91 – Окно «Фактический сброс»

Для каждого сбросного устройства пользователь может задать величину фактического сброса соответствующего радионуклида в поле «Фактический сброс, Бк/год», после чего окно можно закрыть, нажав соответствующую кнопку. Целесообразно задавать величину сброса для тех сбросных устройств для которых установлены пути перемешивания до участков водопользования. Перерасчет происходит автоматически. В результате пересчета в строке под таблицей результатов появится одно из сообщений:

– «Сброс допустим» – если установленный фактический сброс ни по одному из критериев не превышает минимальный допустимый;

– «Превышение по дозовому критерию» – если установленный фактический сброс превышает по дозовому критерию допустимое значение сброса хотя бы на одном участке водопользования.

Если установленный фактический сброс превышает для какого-либо сбросного устройства допустимый сброс по другим критериям, то дополнительно будет отображена надпись в следующем формате: «(Название сбросного устройства) превышение по: по (название критерия №1), по (название критерия №2), и т.д.»

10 Модуль скрининговых расчетов

10.1 Общие сведения

Модуль скрининговых расчетов представляет собой отдельный программный модуль в составе ПС «Сибилла 2.0», реализующий аналитические методики МАГАТЭ [15] для расчета удельной активности радионуклидов в воде следующих типов водных объектов: река (водоток), водоём (озеро), прибрежные воды (море), эстуарий (участок впадения реки в море).

Следует отметить некоторые особенности использования исходных данных о водных объектах и характеристиках сброса, реализованных в модуле скрининговых расчетов:

– модель МАГАТЭ [15] ориентирована на получения наиболее консервативных оценок удельной активности радиоактивной примеси в воде, в связи с чем в расчетах для реки (водотока) и эстуария использует данные для минимальных за 30 лет расхода воды и соответствующих им глубины и ширины проточных водных объектов. В этой связи в расчетном модуле пользователю изначально предоставляется возможность ввода этих параметров для 30 летнего минимального расхода воды. В случае, если пользователю известен только среднегодовой расход \bar{q}_r , то рекомендуется использовать приближение $q_{r=30} = \bar{q}_r / 3$ и вводить в качестве начального условия минимальное 30 летнее значение q_r ;

– если пользователю неизвестен среднегодовой или 30 летний минимальный расход воды для водотока или эстуария, то, как правило, ему неизвестны его минимальные 30 летние значения ширины и глубины. В этом случае рекомендуется

использовать в качестве исходных данных среднюю ширину водотока (для эстуария это может быть ширина впадающей реки), на основании которой программа сама оценит его минимальные 30 летние параметры;

– модель [15] позволяет использовать в качестве исходных параметров водотока или эстуария среднюю глубину для оценки его минимальных 30 летних параметров водотока, однако в модуле предлагается задавать только минимальную 30 летнюю глубину, если она известна, или среднюю ширину водотока. Здесь предполагается, что средняя глубина водотока – менее достоверный и менее доступный для определения параметр, чем средняя ширина для нормальных условий, поэтому возможность ввода средней глубины в качестве исходного параметра задачи не предусмотрена;

– в связи с вышеописанным, пользователю предоставляется возможность вводить значение средней ширины водотока (аналогично для эстуария) только в случае, если минимальный 30 летний расход воды автоматически рассчитывается программой. Если же пользователь самостоятельно вводит значение минимального 30 летнего расхода воды, то он может ввести только минимальную 30 летнюю ширину водотока (но не среднегодовую для нормальных условий);

– в качестве параметра «Ширина, используемая при расчетах» в расчетном модуле для реки или эстуария всегда выступает минимальная 30 летняя ширина водотока, рассчитанная на основании среднегодовой ширины для нормальных условий или изначально установленная пользователем.

10.2 Установка и запуск модуля

Модуль скрининговых расчетов устанавливается в едином пакете с ПО «Сибилла 2.0». За функционирование модуля отвечают файлы, расположенные в директории «Sibilla2\bin\»: screening.exe и ScreeningTemplate.sqlite. Дополнительно к пакету могут прилагаться сценарии тестовых расчетов – файлы формата .sqlite, располагающиеся в директории «Sibilla2\bin\Screening_Tests\». Запуск модуля осуществляется вызовом файла screening.exe.

10.3 Описание интерфейса модуля

10.3.1 Главное окно

После успешного запуска модуля на экране появляется его главное окно (см. рисунок 92). Пользователю изначально предлагается сразу создать новый проект

расчета или открыть существующий проект. Для создания нового проекта требуется выбрать вид водного объекта из перечня:

- «Река» – водотоки и реки;
- «Водоем» – слабопроточные озера, пруды, водохранилища, соединенные с объектом, осуществляющим сброс примеси, а также способные принимать радиоактивные атмосферные выпадения;
- «Прибрежные воды» – сброс в морские воды на некотором расстоянии от берега через сбросное устройство (канал или трубу);
- «Эстуарий» – сброс в устье реки, соединяющееся с морем,

и нажать кнопку «Создать новый проект». В результате программа автоматически создает в директории «Sibilla2\bin\» файл нового проекта с именем «screening#.sqlite», где «#» – это номер файла нового проекта.

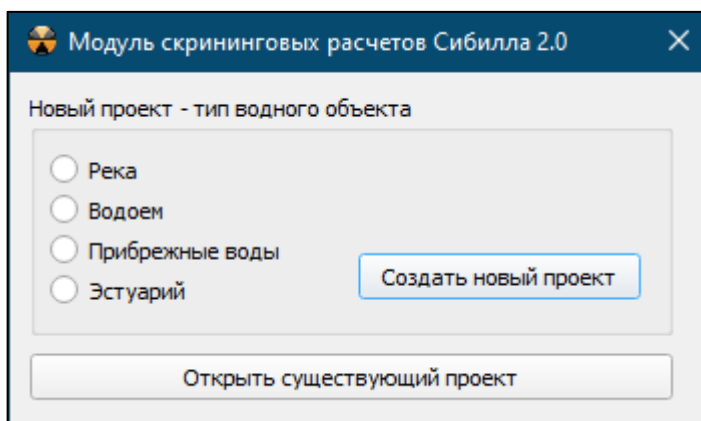


Рисунок 92 – Вид главного окна модуля скрининговых расчетов

Для открытия ранее сохраненного проекта расчета требуется нажать кнопку «Открыть существующий проект» и выбрать в появившемся окне (см. рисунок 93) файл проекта в формате *.sqlite и нажать кнопку «Открыть». В обоих случаях, и при создании нового проекта и при открытии старого появляется окно редактирования входных данных расчетного проекта, которое имеет свой вид для каждого из четырех типов расчетов.

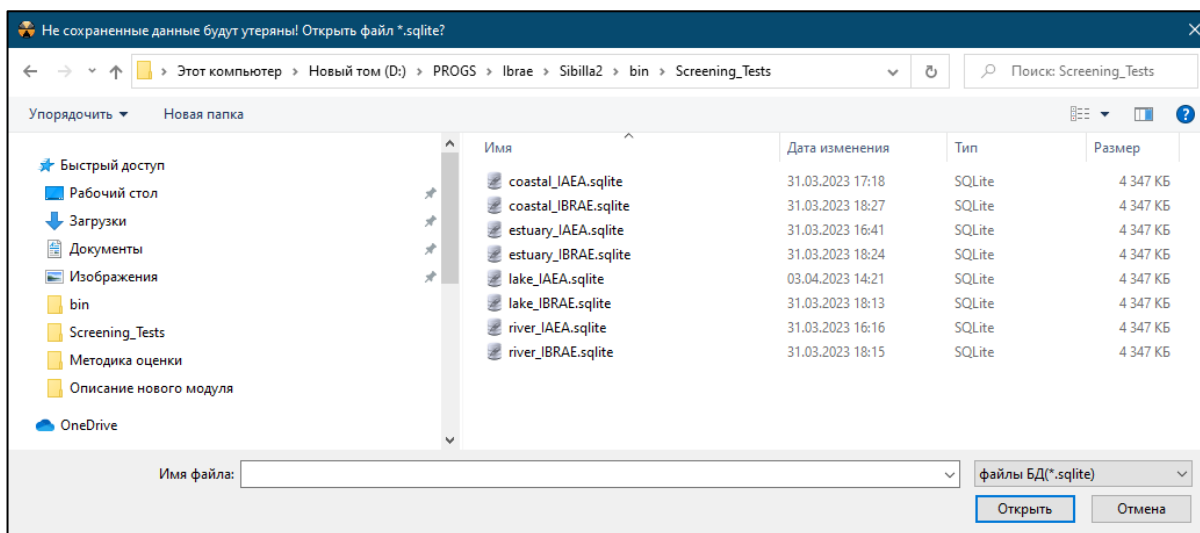


Рисунок 93 – Вид окна выбора файла проекта

10.3.2 Меню «Проект»

В окне любого проекта присутствует раскрывающийся пункт «Проект» главного меню (см. рисунок 94):

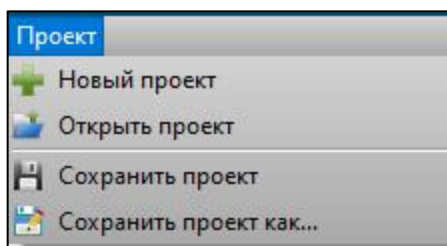


Рисунок 94 – Вид раскрывающегося пункта главного меню «Проект»

В меню присутствуют следующие функции:

- «Новый проект» – создать новый проект, пользователь перемещается к главному окну, где он может выбрать тип нового проекта;
- «Открыть проект» – вызывается окно выбора существующего проекта;
- «Сохранить проект» – сохранение проекта в файле, в котором он был изначально создан или сохранен ранее;
- «Сохранить проект как...» – сохранение проекта по новым названием или в новой директории. Открывается стандартное окно сохранения файла с выбором названия и места сохранения.

10.3.3 Проект «Река»

Для проекта «Река» окно приводится на рисунке 95. Для проведения расчета пользователю необходимо заполнить ряд полей с параметрами расчета. Общим для всех окон различных проектов является поле «Радионуклид», где пользователю потребуется выбрать из выпадающего списка один радионуклид, содержащийся в сбросе (см. рисунок 96). Так же необходимо отметить, что для некоторых полей, возле которых стоит поле флага, значения можно задавать вручную или же они могут быть рассчитаны программой автоматически. Для того, чтобы задать значение вручную, требуется установить галочку (флаг) напротив соответствующего поля. Если её нет, то значение рассчитается и установится автоматически на основании данных других полей (расчет производится автоматически при снятии галочки, а само поле отображается серым цветом как не редактируемое). Все перерасчеты параметров и расчет конечного результата в окне производится каждый раз после ввода или редактирования значения в одном из полей.

Для проведения расчета необходимо заполнить следующие поля:

- «Радионуклид»;
- «Мощность сброса, Бк/с» – активность, поступающая со сбросом в единицу времени, Бк/с;
- «Удельная активность в сбросных водах, Бк/куб.м» – удельная активность радионуклида в сбрасываемой воде, Бк/м³;
- «Расход воды (минимальный за 30 лет), куб.м/с» – минимальный 30 летний расход воды в реке (по умолчанию рекомендуется рассматривать как 1/3 от среднегодового расхода воды), м³/с;
- «Ширина при нормальных условиях, м» – средняя ширина реки при нормальных условиях, м (доступно, только если расход воды считается автоматически, т.е. не установлен флаг справа от его поля);
- «Ширина для минимальном за 30 лет расходе воды, м» – минимальное за 30 лет значение ширины реки, м (доступно, только если расход воды задается пользователем, т.е. флаг справа от его поля установлен);
- «Ширина, используемая при расчетах, м» – ширина реки из расчета 30 летнего минимума расхода воды, считаемая автоматически или задаваемая пользователем м;
- «Глубина для минимального за 30 лет расхода, м» – глубина реки при минимальном расходе воды за 30 лет, м;

– «Расстояние между местом сброса и участком водопользования, м» – дистанция вдоль берега от точки сброса до точки, в которой требуется произвести расчет, м;

– «Водопользование у ближнего берега по отношению к точке сброса» – указывается, находятся ли точка сброса и точка расчета результата на одном берегу реки (выбор из вариантов «Да» – на одном / «Нет» – на разных).

Результат расчета – поле «Оцененная удельная активность, Бк/куб.м» – оценка удельной активности радионуклида в воде в указанной точке, Бк/куб.м.

Проект	
Радионуклид	Cs-137
Мощность сброса, Бк/с	1170
Удельная активность в сбросных водах, Бк/куб.м	1170
Расход воды (минимальный за 30 лет), куб.м/с	11.0784
Ширина при нормальных условиях, м	50
Ширина, использованная при расчетах, м	29.9755
Глубина для минимального за 30 лет расхода, м	0.496176
Расстояние между местом сброса и участком водопользования, м	1000
Водопользование у ближнего берега относительно точки сброса	Да
Оцененная удельная активность, Бк/куб.м	292.719

Рисунок 95 – Вид окна расчетного проекта «Река»

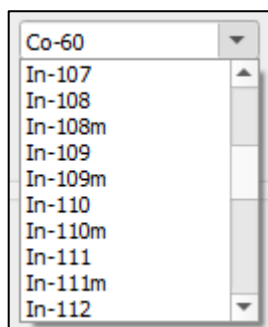


Рисунок 96 – Вид элемента выбора радионуклида со списком

10.3.4 Проект «Водоём»

Для проекта «Водоём» окно расчетного проекта приводится на рисунке 97. Для проведения расчета необходимо заполнить следующие поля:

– «Радионуклид»;

- «Мощность сброса, Бк/с» – активность, поступающая со сбросом примеси непосредственно в воду в единицу времени, Бк/с;
- «Выпадение из атмосферы, Бк/(кв.м*с)» – удельная плотность выпадения радионуклида из атмосферы на зеркало водоема и площадь его бассейна (если имеет место такой вид поступления), Бк/(кв.м*с);
- «Площадь, кв.м»³ – площадь зеркала водоема, м²;
- «Объем, куб.м» – объем воды в водоеме, м³;
- «Проточность (минимальная за 30 лет), куб.м/с» – минимальный за 30 лет расход воды или интенсивность обмена воды в водоеме, м³/с;
- «Ширина реки, для минимальной за 30 лет проточности, м)» – минимальная за 30 лет ширина впадающего в водоём водотока, м (задается пользователем только, когда проточность изначально неизвестна и рассчитывается автоматически);
- «Ожидаемая длительность функционирования источника сбросов, лет» – длительность функционирования объекта, осуществляющего сброс или ожидаемая продолжительность сбросов, лет.

Результат расчета – поле «Оцененная удельная активность, Бк/куб.м» – оценка удельной активности радионуклида в воде в указанной точке, Бк/м³.

Проект	
Радионуклид	Co-60
Мощность сброса, Бк/с	1.17
Выпадения из атмосферы, Бк / (кв.м * с)	0
Площадь, кв.м	40000
Объем, куб.м	400000
Проточность (минимальная за 30 лет), куб.м/с	0.333333 <input checked="" type="checkbox"/>
Ширина реки при нормальных условиях (для оценки проточности), м	10
Ожидаемая длительность функционирования источника сбросов, лет	30 <input checked="" type="checkbox"/>
Оцененная удельная активность, Бк/куб.м	3.49253

Рисунок 97 – Вид окна расчетного проекта «Водоём»

³ Предполагается, что размер водосборного бассейна в 100 раз превышает площадь поверхности озера, и 2% радионуклидов с водосборного бассейна достигают озера за счет процессов поверхностного стока, эрозии почвы и просачивания грунтовых вод.

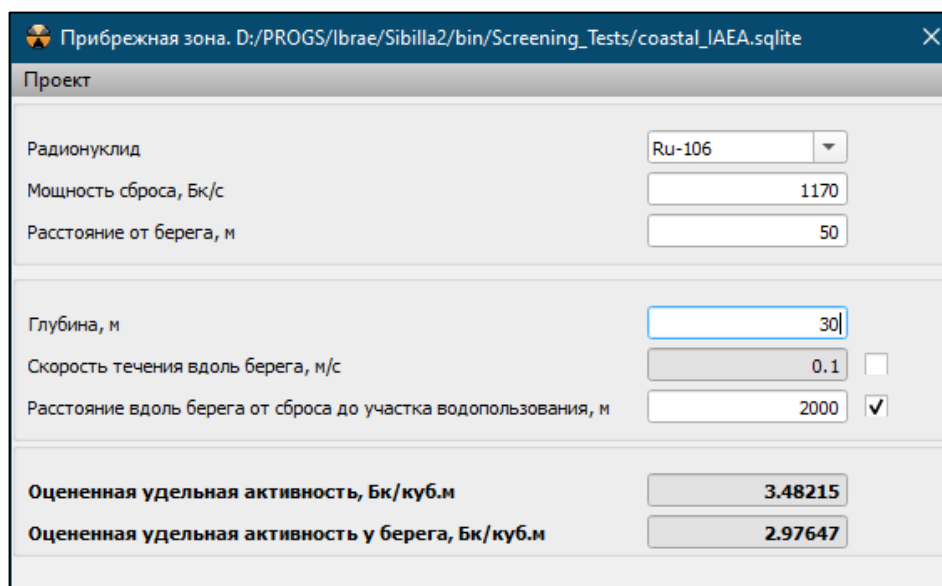
10.4 Проект «Прибрежные воды»

Для проекта «Прибрежные воды» окно расчетного проекта приводится на рисунке 98. Для проведения расчета необходимо заполнить следующие поля:

- «Радионуклид»;
- «Мощность сброса, Бк/с» – активность, поступающая со сбросом в единицу времени, Бк/с;
- «Расстояние от берега, м» – дистанция от береговой линии до точки сброса радиоактивной примеси в воду, м;
- «Глубина, м» – глубина в точке сброса примеси, м;
- «Скорость течения вдоль берега, м/с» – скорость берегового течения, м/с;
- «Расстояние вдоль берега от сброса до участка водопользования, м» – дистанция от точки сброса до точки расчета (вдоль берега), м.

Результаты расчета:

- поле «Оцененная удельная активность, Бк/куб.м» – оценка удельной активности радионуклида в воде на указанном расстоянии на оси шлейфа сброса, Бк/м³;
- поле «Оцененная удельная активность у берега, Бк/куб.м» – оценка удельной активности радионуклида в воде на указанном расстоянии возле берега, Бк/м³.



The screenshot shows a software window titled "Прибрежная зона. D:/PROGS/lbrae/Sibilla2/bin/Screening_Tests/coastal_IAEA.sqlite". The window contains a form with the following fields and values:

Проект	
Радионуклид	Ru-106
Мощность сброса, Бк/с	1170
Расстояние от берега, м	50
Глубина, м	
Скорость течения вдоль берега, м/с	0.1 <input type="checkbox"/>
Расстояние вдоль берега от сброса до участка водопользования, м	2000 <input checked="" type="checkbox"/>
Оцененная удельная активность, Бк/куб.м	3.48215
Оцененная удельная активность у берега, Бк/куб.м	2.97647

Рисунок 98 – Вид окна расчетного проекта «Прибрежные воды»

10.5 Проект «Эстуарий»

Для проекта «Эстуарий» окно расчетного проекта приводится на рисунке 99. Для проведения расчета необходимо заполнить следующие поля:

- «Радионуклид»;
- «Мощность сброса, Бк/с» – активность, поступающая со сбросом в единицу времени, Бк/с;
- «Удельная активность в сбросных водах, Бк/куб.м» – удельная активность радионуклида в сбрасываемой воде, Бк/м³;
- «Расход воды (минимальный за 30 лет), куб.м/с» – минимальный 30 летний расход воды в реке (по умолчанию рекомендуется рассматривать как 1/3 от среднегодового расхода воды), м³/с;
- «Ширина⁴ при нормальных условиях, м» – средняя ширина реки/эстуария при нормальных условиях, м (доступно, только если расход воды считается автоматически, т.е. не установлен флаг справа от его поля);
- «Ширина для минимальном за 30 лет расходе воды, м» – минимальное за 30 лет значение ширины реки/эстуария, м (доступно, только если расход воды задается пользователем, т.е. флаг справа от его поля установлен);
- «Глубина для минимального за 30 лет расхода воды, м» – глубина реки/эстуария при минимальном расходе воды за 30 лет, м;
- «Расстояние между местом сброса и участком водопользования, м» – дистанция вдоль берега от точки сброса до точки, в которой требуется произвести расчет, м;
- «Водопользование у ближнего берега по отношению к точке сброса» – указывается, находятся ли точка сброса и точка расчета результата на одном берегу эстуария (выбор из вариантов «Да» – на одном / «Нет»– на разных);
- «Водопользование ниже по течению» – указывается положение точки расчета относительно точки сброса (выбор из вариантов «Да» – ниже по течению / «Нет» – выше по течению);
- «Максимальная скорость при приливе, м/с» – расчетная или задаваемая скорость потока при приливе, м/с;

⁴ В расчетной модели [Ошибка! Источник ссылки не найден.] для сценария эстуария фактически не делается разделения между глубиной/шириной эстуария и глубиной/шириной впадающей в него реки, поэтому в описании все параметры приписываются эстуарию.

– «Максимальная скорость при отливе, м/с» – расчетная или задаваемая скорость потока при отливе, м/с;

– «Длительность приливного цикла, с» – $4,5 \cdot 10^4$ с для приливов, происходящих дважды в сутки, и $9 \cdot 10^4$ с – один раз в сутки.

Результат расчета – поле «Оцененная удельная активность, Бк/куб.м» – оценка удельной активности радионуклида в воде в указанной точке, Бк/м³.

Проект	
Радионуклид	Sr-90
Мощность сброса, Бк/с	1170
Удельная активность в сбросных водах, Бк/куб.м	1170
Расход воды (минимальный за 30 лет), куб.м/с	20 <input checked="" type="checkbox"/>
Ширина для минимального за 30 лет расхода воды, м	100 <input checked="" type="checkbox"/>
Ширина, использованная при расчетах, м	100
Глубина для минимального за 30 лет расхода, м	2 <input checked="" type="checkbox"/>
Расстояние между местом сброса и участком водопользования, м	1000
Водопользование у ближнего берега относительно точки сброса	Да
Водопользование ниже по течению	Нет
Максимальная скорость при приливе, м/с	1 <input checked="" type="checkbox"/>
Максимальная скорость при отливе, м/с	1 <input checked="" type="checkbox"/>
Длительность приливного цикла, с	45000 <input checked="" type="checkbox"/>
Оцененная удельная активность, Бк/куб.м	31.4024

Рисунок 99 – Вид окна расчетного проекта «Эстуарий»

11 Проведение расчетов для систем водных объектов без использования ГИС-интерфейса

В ПС «Сибилла 2.0» могут проводиться расчеты для систем водных объектов без использования ГИС-интерфейса «Сибилла-ГИС-коннектор» [4]. Под системой в данном случае понимается несколько связанных друг с другом водных объектов, как правило, различных типов. Расчет для системы водных объектов обычно подразумевает, что для каждого из них уже созданы файлы проектов с расширением *.sqlite и требуется произвести оценку удельной активности радионуклидов, доз на человека и биоту для случая, когда источник сброса находится на одном водном объекте, а участок водопользования на другом. ПС «Сибилла 2.0» автоматически отслеживает возможность осуществления такого пакетного расчета, для чего должны быть выполнены условия:

- корректно сформированы файлы проектов для всех водных объектов системы;
- корректно заполнена таблица «MapData» файла «sybilla2.sqlite»;
- корректно заполнена таблица «MapDescription» файла «sybilla2.sqlite»;
- корректно заполнена таблица «Scenaria» файла «sybilla2.sqlite»;
- корректно заполнены таблицы «FallOutData» и «FallOutTimes» для случая, если источником случит выпадение из облака на поверхность водных объектов.

Между водными объектами системы происходит водообмен, благодаря которому происходит перенос радиоактивной примеси от точек сброса до участков водопользования. Информация о водообмене хранится в таблице «MapData» в файле «sybilla2.sqlite», расположенном в директории «/bin/» размещения программы (см. рисунок 100).

KodVodoen	VisibleName	Integrated	OrderInInt	MapCode	NamePart	LengthOfP	DBFileName	WaterObje
1 V0001	Исеть (1)	ISET	1	Beloyar		3.5	iset	1
2 V0002	Бобровское вдхр.	ISET	2	Beloyar		2.85	iset	2
3 V0003	Исеть (3)	ISET	3	Beloyar		5.2	iset	3
4 V0004	Исеть (4)	ISET	4	Beloyar		9.25	iset	4
5 V0005	Исеть (5)	ISET	5	Beloyar		7.5	iset	5
6 V0006	Исеть (6)	ISET	6	Beloyar		10.5	iset	6
7 V0008	Пышма выше вдхр. (1)	PYSMU	1	Beloyar		12.0	PushmaUpper	1
8 V0009	Пышма выше вдхр. (2)	PYSMU	2	Beloyar		10.2	PushmaUpper	2
9 V0010	Исеть (7)	ISET	7	Beloyar		11.2	iset	7
10 V0011	Белоярское вдхр. верховье (1)	BELOY		Beloyar	Верховье (1)		Beloya	1
11 V0012	Белоярское вдхр. верховье (2)	BELOY		Beloyar	Верховье (2)		Beloya	2
12 V0013	Белоярское вдхр. верховье (3)	BELOY		Beloyar	Верховье (3)		Beloya	3
13 V0014	Белоярское вдхр. (Щучий залив и окрестности)	BELOY		Beloyar	Щучий залив и окрестности		Beloya	11
14 V0015	Белоярское вдхр. средняя часть (1)	BELOY		Beloyar	Средняя часть (1)		Beloya	6
15 V0016	Белоярское вдхр. (устье Черемшанки)	BELOY		Beloyar	Устье Черемшанки		Beloya	10
16 V0017	Белоярское вдхр. средняя часть (2)	BELOY		Beloyar	Средняя часть (2)		Beloya	7
17 V0018	Белоярское вдхр. (залив у биофизической станции)	BELOY		Beloyar	Залив у биофизической станции		Beloya	4
18 V0019	Белоярское вдхр. (нижняя часть)	BELOY		Beloyar	Нижняя часть		Beloya	5
19 V0020	Белоярское вдхр. (Теплый залив)	BELOY		Beloyar	Теплый залив		Beloya	8
20 V0021	Белоярское вдхр. (у плотины)	BELOY		Beloyar	У плотины		Beloya	9
21 V0050	Пышма ниже вдхр.(1)	PYSMD	1	Beloyar		1.6	PushmaDown	1
22 V0051	Пышма ниже вдхр.(2)	PYSMD	2	Beloyar		3.7	PushmaDown	2
23 V0052	Пышма ниже вдхр.(3)	PYSMD	3	Beloyar		5.6	PushmaDown	3
24 V0053	Пышма ниже вдхр.(4)	PYSMD	4	Beloyar		3.9	PushmaDown	4
25 V0054	Пышма ниже вдхр.(5)	PYSMD	5	Beloyar		3.5	PushmaDown	5
26 V0055	Пышма ниже вдхр.(6)	PYSMD	6	Beloyar		5.6	PushmaDown	6
27 V0056	Пышма ниже вдхр.(7)	PYSMD	7	Beloyar		5.8	PushmaDown	7
28 V0057	Пышма ниже вдхр.(8)	PYSMD	8	Beloyar		7.7	PushmaDown	8
29 V0058	Пышма ниже вдхр.(9)	PYSMD	9	Beloyar		9.4	PushmaDown	9
30 V0059	Пышма ниже вдхр.(10)	PYSMD	10	Beloyar		8.1	PushmaDown	10
31 V0060	Пышма ниже вдхр.(11)	PYSMD	11	Beloyar		7.5	PushmaDown	11

Рисунок 100 – Таблица «MapData» файла «sybilla2.sqlite»

Таблица «MapData» заполняется пользователем или разработчиком вручную в соответствии с имеющимися картами водной системы. В таблице задаются следующие поля:

- «KodVodoem» – уникальный код водоема или участка водного объекта на векторной карте, код векторного объекта в файле векторной карты;
- «VisibleName» – текстовое (отображаемое на векторной) название участка водоема или реки. Название действует только при работе с картой;
- «IntegratedObjectCode» – кодовое название водоема или реки, под которым агрегированы все их части и участки;
- «OrderInIntegrated» – порядковый номер расположения частей реки от истока (начиная с 1). Действует только для водотоков, так как для составных водоемов водообмен прописывается в свойствах проекта;
- «MapCode» – код водной системы. В одной таблице «MapData» может быть описано несколько систем с разными значениями «MapCode»;
- «NamePart» – название водоёма или участка сложного водоёма в соответствии с настройками проекта данного водного объекта;
- «LengthOfPart» – длина участка реки в км;
- «DBFileName» – название файла проекта водного объекта, к которому относится данный участок или водоём (без расширения *.sqlite);
- «WaterObject_Id» – численный идентификатор участка водоёма или реки (уникальный в рамках своего водного объекта).

Таблица «MapDescription» содержит информацию о названии расчета для системы водных объектов. Она содержит только два столбца:

- «Code» – код водной системы. То же самое, что «MapCode» в таблице «MapData»;
- «Description» – текстовое описание расчета для системы (в данном случае «Окрестности Белоярской АЭС»).

Заполненная таблица «Scenaria» приведена на рисунке 101.

MapCode	MapPath	ModellingTime	LowWaterYear	FalloutDuringFlood	FalloutOnIce	DaysToFlood
1 Beloyar	D:/PROGS/QGIS 3.6/apps/qgis/python/plugins/Sybilla2/Beloyar	240	0	0	0	10

Рисунок 101 – Таблица «Scenaria» файла «sybilla2.sqlite»

Таблица включает в себя следующие столбцы:

- «MapCode» – код водной системы. В одной таблице «MapCode» может быть описано несколько систем с разными значениями «MapCode»;
- «MapPath» – путь к директории, в которой находятся файлы системы водных объектов, включая папку «DataBases» с файлами проектов всех водных объектов системы, файлы векторных карт (если они есть), файла проекта QGIS для карты района размещения системы;
- «ModellingTime» – время моделирования в сутках;
- «LowWaterYear» – маловодный год (1 – да, 2 – нет);
- «FalloutDuringFlood» – выпадения на поверхность в период паводка (1 – да, 2 – нет);
- «FalloutOnIce» – выпадения на лёд (1 – да, 2 – нет);
- «DaysToFlood» – дней до паводка (осталось суток после выпадения).

Директория, где хранятся карты местности и проекты всех водных объектов системы, располагается обычно в папке «Sybilla2» и носит название, соответствующее общему названию системы (в данном случае, название папки «Beloyar» соответствует проекту Белоярского водохранилища с впадающими и истекающими из него реками). В подпапке «DataBases» при этом должны находиться файлы проектов водных объектов, входящих в данную систему. В данном примере имеется четыре файла проекта:

- Beloya.sqlite – белоярское водохранилище, сложный водоём;
- Iset.sqlite – р. Исеть, водоток;
- PushmaDown.sqlite – р. Нижняя Пышма, водоток;
- PushmaUpper.sqlite – р. Верхняя Пышма, водоток.

Если нужно учесть выпадение из облака, которое происходит во время паводка, то программа попытается найти в папке «DataBases» файлы проектов, у которых в названии есть окончание «Pavod» и использовать в расчете их. Такие файлы должны быть созданы

заблаговременно и отличаться особыми условиями поведения водного объекта, характерного для паводка.

Если надо учесть маловодный год, то программа попытается найти в папке «DataBases» файлы проектов, у которых в названии есть окончание «Malov» и использовать их в расчете их. Такие файлы должны быть созданы заблаговременно и отличаться особыми условиями поведения водного объекта, характерного для маловодного периода.

В этой же директории находятся файлы результатов. Они создаются программой по окончанию расчета для каждого водного объекта системы и имеют окончание «Result».

Таблица «FallOutData» содержит информацию о выпадениях на поверхность водных объектов и их частей из радиоактивного облака. Таблица «FallOutTimes» содержит данные о временных моментах, на которые выдаются результаты выпадений в Таблице «FallOutData». Обе таблицы заполняются модулем «Сибилла-ГИС-коннектор», но, если они остаются пустыми, то выполнение расчета распространения примеси все равно возможно для источника в виде сбросного устройства (или нескольких подобных устройств).

При работе с ПС «Сибилла-ГИС-коннектор» указанные выше таблицы заполняются автоматически после загрузки данных о выпадениях и проведения их перерасчета. Если есть возможность использовать ПС «Сибилла-ГИС-коннектор» для расчетов с системами, то следует воспользоваться инструкцией [4].

Расчет для системы можно провести также через основной интерфейс ПС «Сибилла 2.0», если изначально заполнить вышеуказанные таблицы с помощью ПС «Сибилла-ГИС-коннектор». При этом выпадения из облака на поверхность можно задать нулевые, если их не требуется учитывать.

Полностью автономный способ проведения расчета для системы без использованная ПС «Сибилла-ГИС-коннектор» также возможен в случае, если таблицы «MapCode», «MapPath» и «MapDescription» будут заполнены вручную или другим способом (например, копированием) без использования ПС «Сибилла-ГИС-коннектор».

Расчет через основной интерфейс производится следующим способом. После запуска ПС «Сибилла 2.0» открывается любой проект, чтобы выйти в основное окно

программы. Пользователю следует открыть меню «Проект», который может иметь следующий вид:

– иметь пункт «Проверка пакетных расчетов» (см. рисунок 102(а)) и пункт «Создать пакетный расчет». В этом случае считается, что пакетный (для системы водных объектов) расчет не подготовлен должным образом. Если пользователь подготовит необходимые таблицы в файле «sybilla2.sqlite» уже после запуска программы, то он может выбрать пункт «Проверка пакетных расчетов» и, если расчет подготовлен успешно, то появится сообщение о том, что найдены новые пакетные расчеты (см. рисунок 102(в));

– иметь пункты «Проверка пакетных расчетов» и «Пакетный расчет (название)» (см. рисунок 102(б)). Это означает, что пакетный расчет с заданным именем подготовлен (или подготовлено несколько пакетных расчетов).

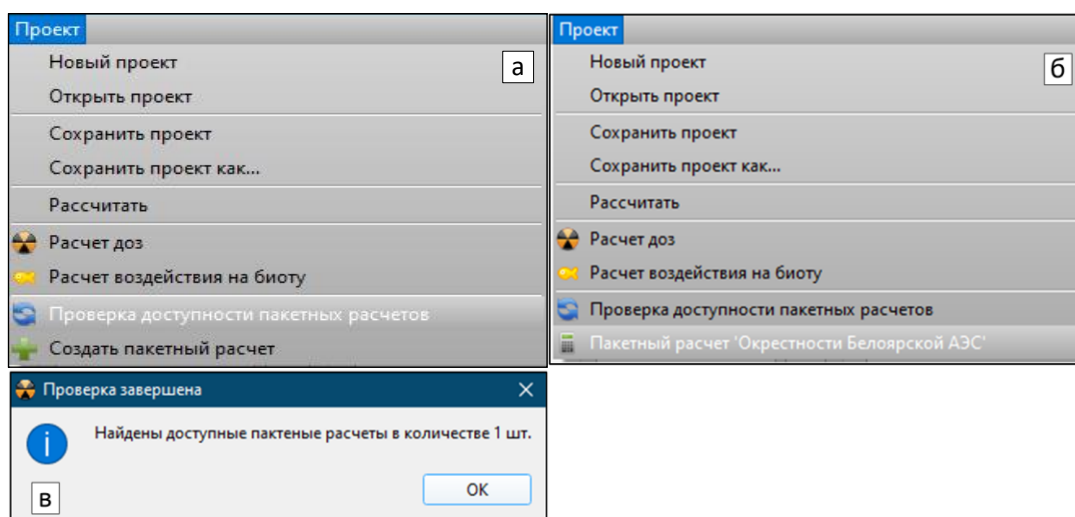


Рисунок 102 – Меню «Проект» основного окна ПС «Сибилла 2.0». а) без доступных расчетов ; б) с одним доступным расчетом; в) диалоговое окно о наличии доступного расчета

Если пакетный расчет активирован и появился соответствующий пункт в меню, то можно на него нажать и перейти к вычислению для данной системы водных объектов (при этом не играет роль, какой в данный момент открыт проект). После нажатия на пункт с названием пакетного расчета откроется окно «Параметры пакетного расчета» (см. рисунок 103(а)). В нем от пользователя потребуется указать следующие пункты:

– «Выпадения происходят во время паводка:» – указывается, идет паводок или нет. Если устанавливается паводок, то программа попытается найти в папке «DataBases» файлы проектов, у которых в названии есть окончание «Pavod» и использовать в расчете

их. Такие файлы должны быть созданы заблаговременно и отличаться особыми условиями поведения водного объекта, характерного для паводка;

– «Маловодный год:» – указывается, если год маловодный. Если маловодный, то программа попытается найти в папке «DataBases» файлы проектов, у которых в названии есть окончание «Malov» и использовать в расчете их. Такие файлы должны быть созданы заблаговременно и отличаться особыми условиями поведения водного объекта, характерного для маловодного периода;

– «Водные объекты покрыты льдом» – в этом случае будет учитываться отложенное во времени поступление активности в воду.

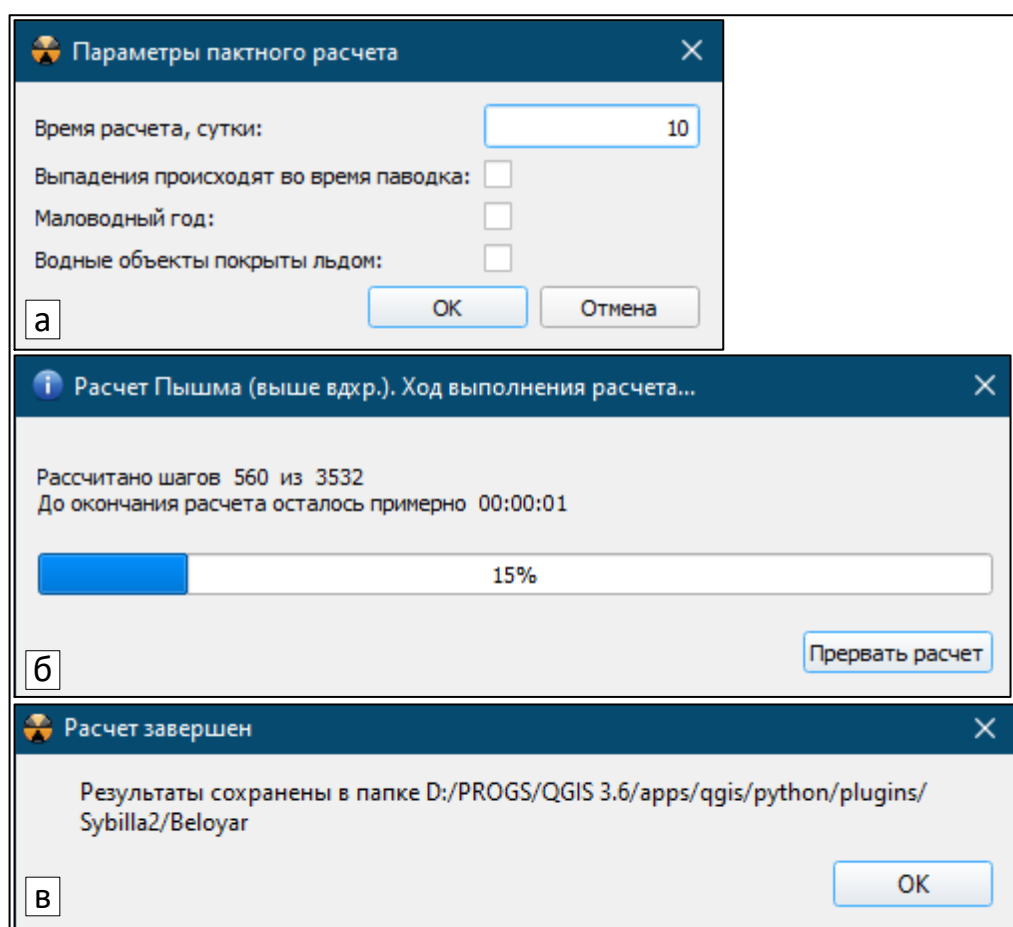


Рисунок 103 – а) Окно «Параметры пакетного расчета»; б) окно отображения динамики процесса расчета; в) окно сообщения о завершении расчета

Если в папке «(название пакетного расчета)\DataBases» будут отсутствовать файлы с окончанием «Malov» и «Pavod», а соответствующие флаги будут установлены, то данные функции будут проигнорированы в расчете и он пройдет так, как будто флаги не были установлены.

После нажатия на кнопку «ОК» запускается процедура расчета. Расчет проходит по всем водным объектам, входящим в систему. Процесс хода расчета для каждого водного объекта отображается в диалоговом окне, приведенном на рисунке 103(б), и может прерван пользователем с помощью кнопки «Прервать расчет».

После завершения расчета для всех водных объектов системы появится диалоговое окно «Расчет завершен» (см. рисунок 103(в)), где в сообщении указывается, в какой директории будут сохранены результаты расчета. В данном случае выводится название директории, где хранятся файлы системы водных объектов. Файлы результатов в формате *.sqlite будут в данном случае находиться в директории «Beloyar\DataBases\» и иметь в названии окончание «Result».

Для просмотра результатов расчета для системы водных объектов потребуется открыть файлы с окончанием «Result» из директории «Beloyar\DataBases\» (в данном случае) через стандартный интерфейс ПС «Сибилла 2.0». Все результаты расчетов будут отображаться во вкладках «Результаты», отдельно для каждого водного объекта системы (см. п. 7.3.6, 7.4.5, 7.5.4).

Для создания пакетного расчета можно также воспользоваться вспомогательным инструментом, окном «Параметры пакетного расчета» (см. рисунок 104), которое открывается при выборе соответствующего пункта меню. Заполнение параметров окна позволяет заполнить заново таблицу «Scenaria» файла «sybilla2.sqlite», что позволит подготовить новый пакетный сценарий, не редактируя данную таблицу напрямую. Особенно это важно, когда в таблице уже заготовлено несколько сценариев и необходимо выбрать один из них и изменить некоторые параметры.

В окне требуется заполнить следующие поля:

- «Код карты» – значение поля «MapCode» из таблицы «MapData» файла «sybilla2.sqlite». Выбирается из выпадающего списка. Таблица «MapData» должна быть предварительно заполнена;
- «Путь до карты» – путь до директории, в которой располагается проект карты QGIS для данной системы;
- «Время расчета, сутки» – время прогнозирования переноса;
- «Выпадение происходит во время паводка»;
- «Маловодный год»;
- «Водные объекты покрыты льдом».

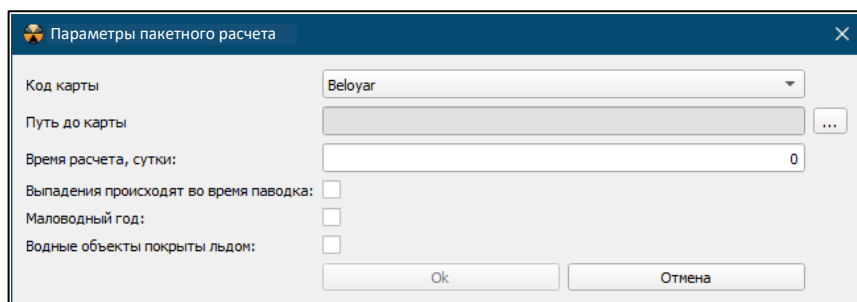


Рисунок 104 – Окно «Параметры пакетного расчета»

После ввода параметров в окне следует нажать кнопку «ОК», после чего немедленно начнется пакетный расчет.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1 Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии (РБ-126-21) / ФБУ «НТЦ ЯРБ», Москва, 2021, – 37 стр.
- 2 Рекомендации Р 52.18.820-2015. Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки. // Обнинск. Росгидромет. 2015 г. – 65 с.
- 3 Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment. Safety report series N19. IAEA, Vienna, p. 229. [Электронный документ] URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1103_scr.pdf (Дата доступа: 29.08.2022).
- 4 Программное средство «Сибилла-ГИС-коннектор» (инструкция пользователя). ИБРАЭ РАН. Москва. 2023 – 35 с.
- 5 Электронный дистрибутив SQLiteStudio на Github [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/pawelsalawa/sqlitestudio/releases> (дата доступа: 20.04.2023).
- 6 Официальный Интернет-ресурс программы-просмотрщика баз данных SQLite SQL Browser [Электронный ресурс] <https://sqlitebrowser.org/> (дата доступа: 20.04.2023).
- 7 Официальный Интернет-ресурс ГИС QGIS [Электронный ресурс] URL: <https://www.qgis.org/ru/site/> (дата доступа: 20.04.2023).
- 8 Программное средство (код) «Сибилла 2.0». Описание функциональных характеристик программного средства «Сибилла 2.0». ИБРАЭ РАН. Москва. 2023 – 6 с.
- 9 НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.
- 10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010) СанПиН 2.6.1. 2612-10. М.:2010. – 85 с. [Электронный документ] URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293816/4293816468.pdf> (дата доступа: 29.08.2022).

11 Библиотека шестнадцатеричных кодов цветов и их названий [Электронный документ] URL: <https://css-tricks.com/snippets/css/named-colors-and-hex-equivalents/> (дата доступа: 29.08.2022).

12 Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии (РБ-126-21) / ФБУ «НТЦ ЯРБ», Москва, 2021, – 37 стр.

13 Методика разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты для водопользователей (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 22 декабря 2016 г. N551) [Электронный документ] URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71511940/> (дата доступа: 23.09.2022).

14 Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 22 декабря 2016 г. N 551 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты для водопользователей» [Электронный документ] URL: <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/67078.html> (дата доступа: 29.08.2022).

15 Safety Reports Series №19. Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment. [Электронный ресурс] URL: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1103_scr.pdf (дата доступа: 27.03.23).