KARELIA

CBC // Приграничное сотрудничество

Программа финансируется Европейским Союзом, Российской Федерацией и Республикой Финляндия

СОВМЕСТНАЯ ТРАНСГРАНИЧНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ – ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАНИЯ И ПЛАН РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА ECO-BRIDGE

Петрозаводск 2020

KARELIA
CBC// Приграничное сотрудничество

Программа финансируется Европейским Союзом, Российской Федерацией и Республикой Финляндия

СОВМЕСТНАЯ ТРАНСГРАНИЧНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ – ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАНИЯ И ПЛАН РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА ECO-BRIDGE

ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ

Партнеры:

АНО Центр энергетической эффективности
Карельский центр гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды
Институт метеорологии Финляндии
Arbonaut Ltd
Центр окружающей среды Финляндии

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 2

1. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА ECO-BRIDGE ПО МОНИТОРИНГУ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ И ВОЗДУХА 4

1.1 Сравнение методов и средств измерений 4
1.1.1 Совместная интеркалибрация на р. Тохмайоки на российской стороне 4
1.1.2 Онлайн измерение качества воды на российской стороне 13
1.1.3 Онлайн измерение фосфатного фосфора на финской стороне 25
1.1.4 Онлайн измерение качества воздуха на финской стороне 29
1.2 Электронные и WEB средства для презентации и анализа данных по обе стороны границы. 33

2. ПЛАНЫ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ 42

2.1 Территориальный охват и параметры. 42
2.2 Системы поддержки при онлайн мониторинге 45
2.3 Рекомендации по мониторингу качества воды и воздуха 47

ВВЕДЕНИЕ

Главная идея проекта ECO-bridge связана с проблемой точности, доступности и регулярности обновления данных мониторинга состояния окружающей среды. Другой проблемой является несогласованность данных, собираемых исследователями в Карелии и Финляндии, что делает сравнение данных достаточно сложным.

Еще одна из важнейших проблем, которую мы стремились решить в рамках проекта, состоит в ограниченном числе пунктов наблюдения, а также отсутствии механизма автоматического сбора данных на существующих пунктах наблюдения за качеством поверхностных вод, что приводит к следующим последствиям:

1. Невозможность предоставления необходимой актуальной информации (данных) контролирующим органам, федеральным и региональным властям, иным заинтересованным организациям и населению.
2. Из-за нехватки автоматического оборудования – постоянного контроля за загрязнением, частота сбора данных – лишь раз в квартал. Такой редкий сбор данных может привести к экстренным ситуациям.

В целом, население Карелии недостаточно информировано о качестве воды и воздуха. У жителей нет постоянного оперативного доступа к актуальной информации, например, в интернете.

Над созданием своего рода «моста» между системами мониторинга Карелии и Финляндии в приграничных районах в рамках проекта ECO-bridge работали следующие партнеры:

1. Автономная некоммерческая организация «Центр энергетической эффективности» (АНО «ЦЭЭ») – неправительственная организация с большим опытом работы в качестве координатора или партнера в международных проектах в сфере энергоэффективности, ЖКХ, охраны природы, экологии и развития коммунальных услуг в Карелии.

2. Карельский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КЦГМС) – организация, отвечающая за системы мониторинга состояния окружающей среды в Карелии. КЦГМС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западное управление по гидрометеоро-

логии и мониторингу окружающей среды» (Росгидромет). У КЦГМС есть своя сеть пунктов наблюдения за водными объектами и атмосферой в Карелии и Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды, в помощью которых ведется наблюдение за состоянием и загрязненностью атмосферы, поверхностных вод и уровнем радиации. В настоящий момент сеть наблюдения Росгидромета покрывает 28 водных объектов (21 река, 5 озер и 2 водохранилища).

3. Институт окружающей среды Финляндии (SYKE) – национальная метрологическая лаборатория по вопросам окружающей среды, подчиняющаяся Министерству окружающей среды Финляндии. В задачи лаборатории входит оказание поддержки органам власти, а также исследовательским лабораториям и научным организациям Финляндии.

4. Метеорологический институт Финляндии (FMI) – официальное экспертное агентство по качеству воздуха в Финляндии. FMI – исследовательский институт под эгидой Министерства транспорта и коммуникаций Финляндии, разрабатывающий прогнозы погоды. Институт использует системы наблюдения за погодой, качеством воздуха, радиоактивностью и космической погодой, предоставляет прогнозы населению и проводит исследования в этой сфере.

5. Arbonaut Ltd – IT- компания, разработавшая совместно с SYKE онлайн GIS платформу Vesinetti, которая составляет информационную инфраструктуру для использования и обмена данными и моделям, включая оценку нагрузки по питательным веществам, а также экологического воздействия и экономической эффективности затрат.

1 СОВМЕСТНАЯ ТРАНСГРАНИЧНАЯ СИСТЕМА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА ECO-BRIDGE ПО МОНИТОРИНГУ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ И ВОЗДУХА

1.1 СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1.1 Совместная интеркалибрация на р. Тохмайоки на российской стороне

Отбор проб и методы анализа

В период 24.01–28.02.2019 были проведены межлабораторные сличительные испытания (интеркалибрация). Участники интеркалибрации: Аналитические лаборатории Kuopio (Финляндия), Joensuu (Финляндия), Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды (ЛМЗОС) КЦГМС (Карелия, РФ). В отборе проб с финской стороны участвовали сотрудники Института окружающей среды Финляндии (SYKE).

Основная цель данного мероприятия – сравнение аналитических методов, используемых лабораториями – участниками интекалибрации, а также сравнение результатов по параметрам качества воды. Пробы воды из р. Тохмайоки были отобраны совместно одним и тем же методом. Помимо этого, обе стороны подготовили синтетические (контрольные) пробы, которые были проанализированы в условиях незнания приписанных концентраций.

Отбор проб проводился в России на трансграничном водном объекте река Тохмайоки представителями КЦГМС и SYKE 23.01.2019 по российскому РД 52.24.309-2016, «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши».

Поверхность реки была открыта с помощью ледобура, прорубь очищена ото льда с помощью эмалированного дуршлага. Отбор был проведен с помощью пятилитрового эмалированного ведра, отнесен к машине (на расстояние около 50 м), где проба была разделена по бутылкам для проб.

Разделенная проба была проанализирована по следующим параметрам:

Нутриенты

- NH4-N (аммонийный азот)
- PO4-P (фосфатный фосфор)
- NO2-N+NO3-N (нитритный и нитратный азот как сумма или отдельно)
- Total P (фосфор общий)
- Total N (азот общий)

Металлы

- Total Fe (железо общее)
- Total Mn (марганец общий)

Взвешенные вещества

- Массовая концентрация ВВ в жидкости, обычно измеряемая посредством фильтрации, центрифугирования и сушкой в особых условиях.

Участники использовали стандартные методы, которые применяются ими в повседневных операциях (*Таблица 6*). Лаборатория КЦГМС использовала методы, соответствующие области аккредитации лаборатории (Аттестат аккредитации № RA.RU.511024 от 12.08.2015). Savo-Karjala Environment laboratory имеет аккредитацию (SFS-EN ISO/IEC 17025:2005) и использует стандартные методы SFS-ISO.

Подготовка и обмен контрольными образцами с фиксированными концентрациями определяемых элементов и схемами анализов.

- Из соответствующих определяемым элементам стандартных образцов (ГСО) были приготовлены контрольные пробы – ОК (образцы контроля)
- Перечни образцов контроля с присвоенным им шифром и приписанными значениями ОК представлены в *Таблицах 2 и 3*
- Стороны – участники интеркалибрации на рабочей встрече 23.01.2019 в г. Сортавала обменялись образцами контроля и холостыми пробами (Blank samples) перед процедурой забора проб из реки Тохма
- Результаты качественных химических анализов лабораторий, участников интеркалибрации, представлены в *Таблицах 4 и 5*

Результаты и выводы

Полную программу интеркалибрации анализа всех контрольных проб выполнили лаборатории ЛМЗОС и в лаборатории SAVO-Karjala Environmental Research в Куопио.

Анализы NH4-N and NO2-N+NO3-N (отдельно) были проведены в лаборатории SAVO-Karjala Environmental Research в Куопио и Йоэнсуу. ЛМЗОС КЦГМС отдельно проанализировала NH4-N and NO3-N.

Анализ разделенных проб воды (поверхностная речная вода)

Выявлена неудовлетворительная сходимость измерений по некоторым параметрам (*Табл. 1*).

Отмечены значительные расхождения в определении содержания компонентов марганца, взвешенных веществ, азота аммонийного и фосфора.

Разница в полученных результатах частично связана с особенностями подготовки проб и разницей в методах анализа. Например, взвешенные вещества фильтруются из воды с применением фильтров разных типов, в КЦГМС используется фильтр с диаметром пор 0.45 µm, а в лаборатории Savo-Karjala – стекловолоконный фильтр, который позволяет более крупным частицам (с размером больше 0.45 µm) вымываться.

Результат анализа по марганцу зависит, по большому счету, от того, насколько Mn разрушается при взаимодействии с частицами в речной воде. Разницы в результатах анализа контрольных проб по марганцу не наблюдается (*Табл. 5*), а то время как результаты анализа проб речной воды отличаются значительно (*Табл. 1*).

Контрольные пробы

Контрольные образцы, приготовленные в ЛМЗОС КЦГМС для SYKE, сопровождались приложенными инструкциями по приготовлению (разбавлению) контрольных образцов из основных растворов. Тем не менее, данная предлагаемая процедура не была реализована лабораториями Куопио и Йоэнсуу, которые выполняли анализ основных растворов, так как в финских лабораториях не заметили инструкций по разведению проб. Помимо этого, необходимость разбавлять контрольные пробы была неожиданной.

Полученные результаты анализа контрольных образцов можно считать удовлетворительными по большинству показателей с учетом доверительных интервалов установленной погрешности применяемых методов анализа.

Поскольку лаборатория Куопио не разбавляла контрольные пробы дистиллированной водой по инструкции КЦГМС, все другие параметры (кроме PO4-P) были на том же уровне, что и в неразведенных российских контрольных образцах. Результат по PO4-P оказался очевидно выше, чем

приписанная концентрация неразбавленной пробы (*Табл. 4*).

Результаты анализа синтетических проб, подготовленных лабораторией Savo-Karjala, представлены в *Табл. 5*. Результат ЛМЗОС КЦГМС по общему Р очевидно выше исходной концентрации. Результат ЛМЗОС КЦГМС по общему железу ниже исходной концентрации.

Рекомендации

Рекомендуется, чтобы сотрудники КЦГМС прошли профессиональный тест, организованный SYKE. В этих испытаниях принимают участие все финские лаборатории, а иногда и лаборатории в других странах. Годовая схемы проверки квалификации и межлабораторных сравнительных испытаний опубликованы на сайте SYKE.

Различия в подготовке проб и методах анализа природных вод в финских лабораториях и ЛМЗОС КЦГМС должны быть изучены более подробно.

ЛМЗОС КЦГМС еще не имеет аналитического метода для общего азота. Это базовая переменная качества воды и важный показатель нутриентов природных вод, и поэтому очень рекомендуется, чтобы он был у ЛМЗОС КЦГМС.

Рис. 1. **Отбор проб на р. Тохмайоки**

Таблица 1. **Результаты анализа разделенной пробы природной поверхностной воды реки Тохмайоки**

Наименование компонента	Куопио		Йоэнсуу		ЛМЗОС		
	Результат µg/l	Погреш-ность %	Результат µg/l	Погреш-ность %	Результат µg/l	Погреш-ность %	Доверительный диапазон полу-ченного резуль-тата µg/l
NH4-N	41.7	13	43.4	12	24 ± 10	41	14 – 34
PO4-P	9.3	12	-	-	13 ± 3	23	10 – 16
NO2-N+NO3-N	210	8	213	15	242 ± 64	26	178 – 306
Фосфор общий	22.6	15	-	-	34 ± 6	17	28 – 40
Азот общий	688	15	-	-	-	-	–
Железо общее	1130	10	-	-	1420 ± 150	10	1270 – 1570
Марганец общий	27.6	10	-	-	99 ± 13	13	86 – 112
Взвешенные вещества*)	1080	8	-	-	6950 ± 400	57	2950 – 10950

**) Взвешенные вещества: Savo-Karjala использует стекловолоконный фильтр. Указать точный размер его пор невозможно. В ЛМЗОС используется фильтр с порами в 0.45 µm.*

Таблица 2. **Контрольные (синтетические) пробы, приготовленные ЛМЗОС КЦГМС**

Наименование компонента	Используемый ГСО или реактив	Диапазон для разбавленной пробы µg/l	Номер бутылки	Приписанная концентрация в неразбавленной пробе µg/l
NH4-N	SSRS 7747-99	10 – 20	1	9940
PO4-P	SSRS 7748-99	3 – 10	2	7990
NO2-N	SSRS 7753-2000	180 – 230	4	-
NO3-N	SSRS 820-2000	180 – 230	5	10050
Фосфор общий	SSRS 7241-96	10 – 20	3	9800
Железо общее	SSRS 7835-2000	1300 – 1500	6	50000

Таблица 3. **Контрольные (синтетические) пробы, приготовленные в SAVO-Karjala Environmental Research**

Наименование компонента	Диапазон µg/l	Приписанная концентрация µg/l
NH4-N	10 – 20	18
PO4-P	3 – 10	9
NO2-N+NO3-N	180 – 230	200
Фосфор общий	10 – 20	15
Азот общий	550 – 650	600
Железо общее	1300 – 1500	1400
Марганец общий	100 – 150	130

Таблица 4. **Результаты измерений контрольной (синтетической) пробы, подготовленной в ЛМЗОС**

Наименование компонента	Приписанная концентрация в нерастворенной пробе, µg/l	Куопио		Йоэнсуу		Приписанная концентрация в растворенной пробе, µg/l	ЛМЗОС	
		Результат µg/l	Погрешность %	Результат µg/l	Погрешность %		Результат µg/l	Погрешность %
NH4-N	9940	9400	12	9710	10	20	23	± 10
PO4-P	7990	9490	10	Без анализа	-	10	10	± 4
NO2-N+NO3-N	10050	11 300	8	11000	15	200	180	± 50
Фосфор общий	9800	9770	12	Без анализа	-	14.7	13.4	-
Азот общий	Без контрольной пробы	Без анализа		Без анализа	-	-	-	-
Железо общее	50 000	50 700	10	Без анализа	-	1500	1590	± 160
Марганец общий	10 000	10 000	10	Без анализа	-	150	130	± 17

** К контрольным пробам, приготовленным ЛМЗОС, были приложены инструкции по приготовлению контрольных образцов, но лаборатории Kuopio и Joensuu провели анализы без разбавления. Сотрудники ЛМЗОС выполнили анализы в соответствии с инструкцией.*

Таблица 5. **Результаты измерений синтетической пробы, подготовленной в SAVO-Karjala Environmental Research**

Наименование компонента	Приписанная концентрация, µg/l	Куопио		Йоэнсуу		ЛМЗОС		
		Результат µg/l	Погрешность, %	Результат µg/l	Погрешность, %	Результат µg/l	Погрешность, %	Доверительный интервалµg/l
NH4-N	18	16.8	13	19.1	26	22	45	12 – 32
PO4-P	9	7.9	13	Без анализа	-	10	…	6 – 14
NO2-N+NO3-N	200	205	8	Без анализа	15	223	26	164 – 282
Фосфор общий	15	15.8	15	Без анализа	-	25	24	19 – 31
Азот общий	600	625	10	Без анализа	-	Без анализа	-	-
Железо общее	1400	1390	10	Без анализа	-	1260	11	1120 – 1400
Марганец общий	130	136	8	Без анализа	-	127	13	111 – 143

Таблица 6. **Список параметров качества воды и аналитических методов, использованных лабораториями, участвовавшими в интеркалибрации**

Показатель	Лаборатория	Методы	Диапазон метода/ предел чувствительности 1)	Отбор и хранение проб			
				Сосуд для проб	Условия хранения	Место проведения анализа	Период проведения анализа
Аммонийный азот	КЦГМС ЛМЗОС	РД 52.24.383-2005	0.02–1.0 mg/dm3	Полимерный материал или стекло	1. Не хранится 2. Хранение при pH <2 3. Заморозка до -20 – -40°C	Лаборатория	1. 6 ч 2. 3-4 дня 3. Долгосрочно
	Savo-Karjala	Внутренние, флуорометрические, подтверждающий факторный анализ (на основе аналитического метода A157/158)	5 µg/l	Полимерный материал	Не хранится	Лаборатория	24 ч
Фосфатный фосфор (PO43-)	КЦГМС ЛМЗОС	РД 52.24.382-2006, п 11	0.010–0.2 mg/dm3	1.-2. Стекло 3. Полимерный материал	1. Не хранится 2. Хранение при 3-6° C с добавлением хлороформа 3. Заморозка до -20 – -40°C	Лаборатория	1. 4 ч. 2. 3 дня 3. Долгосрочно
	Savo-Karjala	Внутренние, колриметрические, проточно-инжекционный анализ (на основе SFS-EN ISO 15681-1:2005, Part 1.)	2 µg/l	Полимерный материал	Не хранится		24 ч
Аммонийный азот	КЦГМС ЛМЗОС	РД 52.24.381-2006	0.01–0.25 mg/dm3	Полимерный материал или стекло	1. Не хранится 2. Хранение при 3–6° C 3. Заморозка до -20 – -40°C	Лаборатория	1. 2 h 2. 24 h 3. Долгосрочно
	Savo-Karjala	SFS-EN ISO 13395:1997	2 µg/l	Полимерный материал	Не хранится	Лаборатория	24 ч.

Показатель	Лаборатория	Методы	Диапазон метода/ предел чувствительности 1)	Отбор и хранение проб			
				Сосуд для проб	Условия хранения	Место проведения анализа	Период проведения анализа
Нитратный азот	КЦГМС ЛМЗОС	М-02-1805	0.080-4.0 mg/dm3	Полимерный материал или стекло	Не хранится	Лаборатория	8 ч.
	Savo-Karjala	SFS-EN ISO 13395:1997	2 µg/l	Полимерный материал	Не хранится	Лаборатория	24 ч.
Общий фосфор (минеральный и органический)	КЦГМС ЛМЗОС	РД 52.24.387-2006	0.02-0.4 mg/dm3	1.–2. Стекло 3. Полимерный материал	1. Не хранится 2. Заморозка до -20 – -40°C 3. Заморозка до -20 – -40°C	Лаборатория	1. 4 ч. 2. 3 дня 3. Долгосрочно.
	Savo-Karjala	SFS-EN ISO 15681-2:2003	5 µg/l	Полимерный материал	1. Не хранится 2. Хранение с H2SO4	Лаборатория	1. 24 ч. 2. 7 дня
Аммонийный азот	Savo-Karjala	SFS-EN ISO 11905-1:1998	50 µg/l	Полимерный материал	1. Не хранится 2. Заморозка до -20 – -40°C	Лаборатория	1. 24 ч. 2. 1 месяц
Общее железо	КЦГМС ЛМЗОС	М-02-1109	0,0020-1,0 mg/dm3	Полимерный материал	Консервация азотной кислотой до pH < 2	Лаборатория	1 месяц
	Savo-Karjala	SFS-EN ISO 17294-1 (2006) и 17294-2 (2016) ICP-MS (низкие концентрации)2)	1 µg/l	Полимерный материал	Хранение с H2SO4	Лаборатория	6 месяцев

Показатель	Лаборатория	Методы	Диапазон метода/ предел чувствительности 1)	Отбор и хранение проб			
				Сосуд для проб	Условия хранения	Место проведения анализа	Период проведения анализа
Общий марганец	КЦГМС ЛМЗОС	М-02-1109	0,0050-50 mg/dm3	Полимерный материал	Консервацияазотной кислотой до pH < 2	Лаборатория	1 месяц
	Savo-Karjala	SFS-EN ISO 17294-1 (2006) и 17294-2 (2016) ICP-MS (низкие концентрации)2)	0.5 µg/l	Полимерный материал	Хранение с H2SO4	Лаборатория	6 месяцев
Взвешенные вещества	КЦГМС ЛМЗОС	РД 52.24.468-2005. п 10.1, пора фильтра 0.45 µm	5.0-100 mg/dm3	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 3-6°C	Лаборатория, сразу после отбора пробы	7 дней
	Savo-Karjala	SFS-EN 872:2005, стекловолоконный фильтр.	1 mg/l	Polymeric material	Охлаждение до 2-8°C	Лаборатория	2 дня

1) Аккредитованный диапазон метода в ЛМЗОС КЦГМС, предел чувствительности в Savo-Karjala lab

2) SFS-EN ISO 11885 (2009) ICP-OES для высоких концентраций

Руководящие документы в РФ: ГОСТ-31861-2012, Р 52.24.353-2012

Руководящие документы в Финляндии: Reports of the Finnish Environment Institute 22/2016. Рекомендации по качеству для данных, включаемых в реестры организаций, осуществлющих экологический контроль. Количественные пределы, неточности при измерении, сроки хранения и методы анализа по воде (Laatusuositukset ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle: vesistä tehtävien analyyttien määritysrajat, mittausepävarmuudet sekä säilytysajat ja –tavat). Teemu Näykki and Tero Väisänen (eds.).

1.1.2 Онлайн измерение качества воды на российской стороне

Основой организационной структуры системы мониторинга загрязнения окружающей среды являются пункты наблюдений на реках, озерах и водохранилищах. Мониторинг загрязнения водных объектов на них ведется в дискретном режиме, с периодичностью, установленной в соответствии с категорией НП.

На территории Республики Карелия действуют 28 пунктов гидрохимического мониторинга, в том числе 26 НП 4-й категории, на которых отбор проб производится 4 раза в год в основные гидрологические сезоны и 2 НП 3-й категории, с ежемесячным отбором проб. Карта расположения НП и более подробная информация о каждом из наблюдательных пунктов представлены далее:

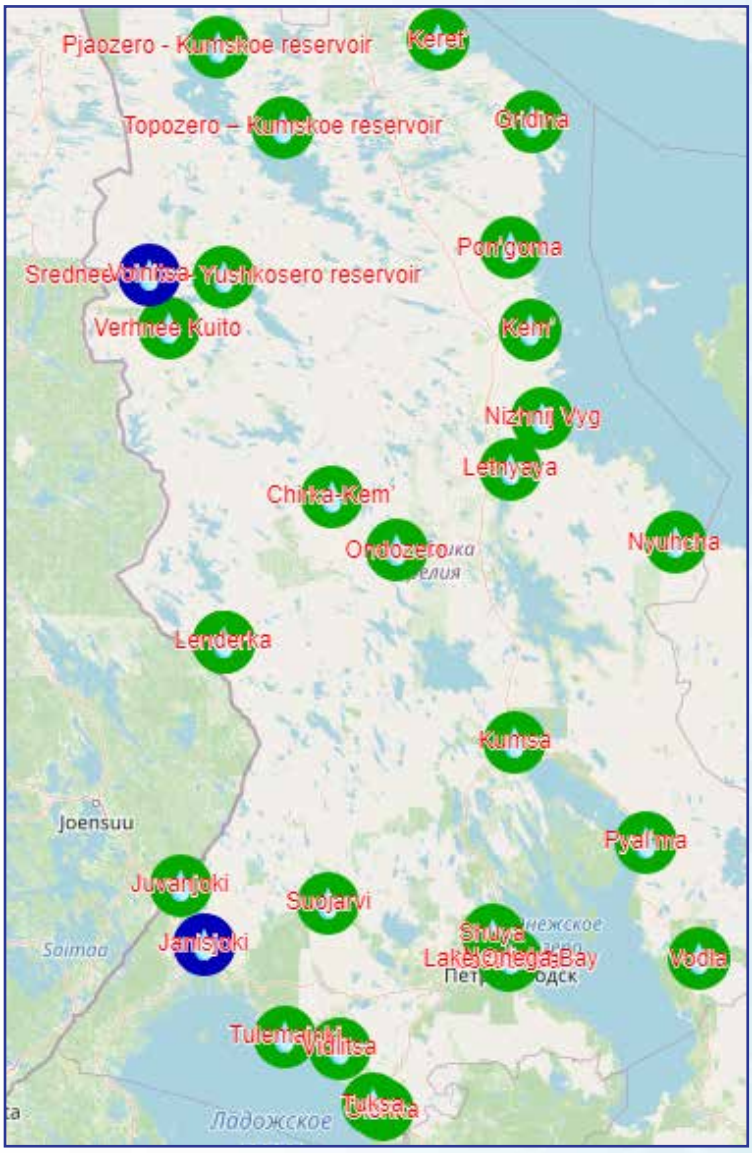


Рис. 2. **Пункты гидрохимического мониторинга в Республике Карелия**

Таблица 7. Наблюдательная сеть КЦГМС

Наименование водного объекта	Наименование пункта наблюдений	Координаты	Периодичность отбора проб воды	Определяемые показатели
Р. Кереть	а/д мост	N66⁰16'53" E33⁰35'01"	4 раза в год	Азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, фосфаты, фосфор общий, фосфор валовый, фосфор органический, кремнекислота, железо общее, кальций, натрий, калий, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, жесткость, минерализация, медь, свинец, кадмий, хром, биологическое потребление кислорода (БПК5), химическое потребление кислорода (ХПК), цветность, анионоактивные СПАВ, нефтепродукты, взвешенные вещества, водородный показатель pH, углекислый газ, кислород растворенный, % насыщения кислородом, прозрачность, запах, удельная электропроводность.

Р. Гридина	С. Гридино	N65°54’50” E34°38’6”	4 раза в год	Азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, фосфаты, фосфор общий, фосфор валовый, фосфор органический, кремнекислота, железо общее, кальций, натрий, калий, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, жесткость, минерализация, медь, свинец, кадмий, хром, биологическое потребление кислорода (БПК5), цветность, анионоактивные СПАВ, нефтепродукты, взвешенные вещества, водородный показатель pH, углекислый газ, прозрачность, запах, удельная электропроводность.
Р. Поньгома	С. Поньгома	N65°19'49.1" E34°23'48.6"	4 раза в год	
Р. Кемь	Г. Кемь	N64°56'39.3" E34°35'55.1"	4 раза в год	Азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, фосфаты, фосфор общий, фосфор валовый, фосфор органический, кремнекислота, железо общее, кальций, натрий, калий, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, жесткость, минерализация, медь, свинец, кадмий, хром, биологическое потребление кислорода (БПК5), химическое потребление кислорода (ХПК), цветность, анионоактивные СПАВ, нефтепродукты, взвешенные вещества, водородный показатель pH, углекислый газ, кислород растворенный, % насыщения кислородом, прозрачность, запах, удельная электропроводность.
Р. Чирка-Кемь	С. Андронова Гора	N64°08'34.1" E32°22'54.9"	4 раза в год	
Р. Нижний Выг	Г. Беломорск	N64°31’24” E34°44’51”	4 раза в год	
Р. Верхний Выг	Д. Огорелыши	N62°59'59.9" E35°41'36.8"	4 раза в год	
Р. Летняя	П. Летний-1	N64°16'39.7" E34°23'21.6"	4 раза в год	
Р. Нюхча	С. Нюхча	N63°55'02.0" E36°13'55.2"	4 раза в год	
Р. Лендерка	П. Лендеры	N63°25'23.8" E31°10'37.5"	12 раз в год	
Р. Юуван-йоки	Пгт. Вятсиля	N62°10'51.8" E30°42'07.1"	4 раза в год	
Р. Тулема-йоки	Пгт. Салми	N61°22’38” E31°52’01”	4 раза в год	
Р. Видлица	С. Большие горы	N61°18'55.3" E32°28'26.3"	4 раза в год	
Р. Олонка	Г. Олонец	N60°58’53” E32°57’10”	4 раза в год	
Р. Тукса	С. Тукса	N61°00'51.0" E32°50'31.9"	4 раза в год	
Р. Лососинка	Г. Петрозаводск	N61°46'53.0" E34°22'10.9"	12 раз в год	
Р. Неглинка	Г. Петрозаводск	N61°47'52.8" E34°22'06.6"	4 раза в год	
Р. Шуя	Пос. Шуя	N61°55'10.4" E34°11'58.7"	4 раза в год	
Р. Кумса	Г. Медвежьегорск	N62°55'09.8" E34°26'26.9"	4 раза в год	
Р. Пяльма	Д. Пяльма	N62°24’4”, E35°53’46”	4 раза в год	

Р. Водла	Г. Пудож	N61°47'28.5" E36°29'46.6"	4 раза в год	
Кумское вдхр., оз. Пяозеро	Д. Зашеек	N66°15'08.8" E31°06'10.2"	4 раза в год	
Оз. Верхнее Куйто	С. Вокнаволок	N64°57'05.0"N 30°33'47.2"E	3 раза в год	
Юшкозерское вдхр., оз. Ср. Куйто	Пгт. Калевала	N65°11'41.2"N 31°11'17.5"E	3 раза в год	
Оз. Ондозеро	С. Ондозеро	63°52'30.6"N 33°06'59.5"E	3 раза в год	Азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, фосфаты, фосфор общий, фосфор валовый, фосфор органический, кремнекислота, железо общее, кальций, натрий, калий, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, жесткость, минерализация, медь, свинец, кадмий, хром, биологическое потребление кислорода (БПК5), цветность, анионоактивные СПАВ, нефтепродукты, взвешенные вещества, водородный показатель pH, углекислый газ, прозрачность, запах, удельная электропроводность.
Оз. Топозеро, Кумское водохранилище	П. Кестеньга	65°53'05.6"N 31°50'04.6"E	4 раза в год	Азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, фосфаты, фосфор общий, фосфор валовый, фосфор органический, кремнекислота, железо общее, кальций, натрий, калий, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, жесткость, минерализация, медь, свинец, кадмий, хром, биологическое потребление кислорода (БПК5), химическое потребление кислорода (ХПК), цветность, анионоактивные СПАВ, нефтепродукты, взвешенные вещества, водородный показатель pH, углекислый газ, кислород растворенный, % насыщения кислородом, прозрачность, запах, удельная электропроводность.
Верхнее-Свирское вдхр., Петрозаводская губа	Г. Петрозаводск	N61°47'27.1"N 34°23'17.9"E	4 раза в год	
Оз. Суоярви	Г. Суоярви	62°05'03.9"N 32°21'03.5"E	4 раза в год	

Основной задачей системы мониторинга загрязнения является информирование о качестве воды в водном объекте для принятия управленческих и природоохранных решений. Наибольший ущерб экологическому состоянию водных объектов, причиняют аварийные и залповые (в том числе и нелегальные) сбросы загрязненных сточных вод. Несвоевременное обнаружение различных экстремальных ситуаций, неоперативность обследования и прогнозирования перемещения зоны загрязнения препятствуют принятию срочных водоохранных мер и приводят к существенным экономическим и экологическим потерям. Поэтому как дополнение к традиционным способам мониторинга все большее распространение в мире получают автоматические дистанционные средства измерений. В случае автоматического мониторинга результаты измерений могут постоянно (онлайн) обновляться в базах данных и на веб-ресурсах, что позволяет отслеживать состояние объекта в режиме реального времени.

Помимо повышения оперативности получения первичных данных, при использовании автоматических станций минимизируются ошибки, связанные с человеческим фактором, и повышается точность оценок средних за длительный период значений концентраций.

Именно поэтому в первую очередь усилия проекта были направлены на изучение и внедрение автоматизации гидрохимических наблюдений. Как показали результаты проекта, именно это является перспективой для обеспечения эффективной работы системы мониторинга окружающей среды.

Места установки (МУ) оборудования – многопараметрических датчиков контроля качества поверхностной природной воды

Таблица 8.

№	Комплекс	Название МУ	Координаты МУ	Описание МУ
1	АГХК #1	ГП-1 р. Олонка (Верховье)	60°58’53”N, 32°57’10”E	На правом берегу р. Олонка
2	АГХК #2	ГП-1 р. Уксунйоки (пгт Ууксу)	61°30’11”N, 31°35’57”E	На правом берегу р. Ууксунйоки
3	АГХК #3	ГП-1 р. Тулемайоки (пгт Салми)	61°22’38”N, 31°52’01”E	На правом берегу р. Тулемайоки
4	Центр сбора и обработки данных	Карельский ЦГМС – филиал ФГБУ "Северо-Западное УГМС"		Узел связи. г. Петрозаводск, наб. Варкауса, д.3

Определяемые характеристики (показатели) многопараметрическими датчиками контроля качества поверхностной природной воды:

- Водородный показатель (pH)
- Насыщенность кислородом
- Растворенный кислород
- Электропроводность
- Температура воды

Сравнительный анализ данных, полученных с зондов АГХК и полученных в ЛМЗОС ручным способом, показал незначительное расхождение по всем пяти вышеперечисленным параметрам.

Реализация

В ходе реализации проекта участники провели мероприятия по обмену опытом, совместный отбор проб и межлабораторные сличительные испытания (интеркалибрация). Ознакомились с используемыми приборами и методами проведения анализов. В Российской Федерации и Финляндии используются, как правило, идентичные приборы для проведения стандартных наблюдений и отбора проб.

Специалистами Карельского ЦГМС были изучены различные образцы оборудования, предназначенные для автоматического гидрохимического мониторинга от компаний EHP-Tekniikka Ltd, Endress+Hauser, SEBA Hydrometrie GmbH&Co, YSI inc, Hydrolab.

Состоялись рабочие командировки участников проекта для ознакомления с оборудованием в ООО «Полтраф» (https://poltraf.ru/) и ООО «Аналит Продактс» (http://analit-spb.ru/)..

Еще до закупки оборудования была проведена опытная эксплуатация цифрового многопараметрического датчика, представленного ООО «Полтраф». Подготовлен технический отчет.

В период обучения в Финляндии в регионе Хельсинки специалисты ознакомились со станцией онлайн мониторинга качества воды на реке Вантанйоки. Станция оборудована сенсором s::can nitro::lyser (www.s-can.at/products/spectrometer-probes), которые используются для измерения NO3-N, мутности и органического углерода с часовым интервалом. Уровень воды измерялся датчиком давления также с часовым интервалом.

Пункт наблюдений оборудован станцией для измерения параметров качества воды и обнаружения загрязнений в реальном времени, производства s::can Messtechnik GmbH. Положительный опыт коллег очень заинтересовал специалистов Карельского ЦГМС, и в Российской Федерации были найдены официальные дистрибьюторы s::can Messtechnik GmbH – ООО «Экострой-Проект», которым было предложено принять участие в аукционе, проводимом в рамках реализуемого проекта на поставку автоматического гидрохимического оборудования.

28.06.2019 был проведен электронный аукцион на закупку автоматических гидрохимических комплексов (АГХК) для оснащения 3-х гидрологических постов,

Рис 3. **Отбор проб воды в Фнляндии**

Рис 4. **Ознакомление с оборудованием в ООО «Полтраф»**

наиболее крупных притоков Ладожского озера, расположенных на территории Республики Карелия. Начальная максимальная цена договора 10 947 666 руб. 67 коп. Заявки на участие были поданы двумя компаниями: ООО «ГидроТЭК-Инжиниринг» и ООО «Полтраф». Оба участника были допущены к аукциону. По результатам торгов снижение цены составило 2 923 479,28 руб. Победитель аукциона – ООО «ГидроТЭК-Инжиниринг».

В соответствии с заключенным договором ООО «ГидроТЭК-Инжиниринг» на территории гидрологических постов ГП-1 р. Олонка – г. Олонец, ГП-1 р. Тулемайоки – пгт Салми и ГП-1 р. Ууксунйоки – д. Ууксу установлены автоматические гидрохимические комплексы. Все оборудование установлено в соответствии с требованиями договора. Энергоснабжение предусмотрено от солнечных панелей. Аккумуляторные батареи и контроллеры установлены в специальном контейнере. Сотрудники прошли обучение по обслуживанию АГХК.

Станции оснащены датчиками электропроводности, pH, растворенного кисло-

Рис 5. **Рабочая встреча в ООО «Аналит Продактс»**

Рис 6. **Подготовка зонда к монтажу**

Рис 7. **Монтаж зонда**

рода и уровня воды производства Seba Hydrometric GmbH&Co. KG, Германия. Ежечасно в центр сбора данных поступает информация с гидрохимического зонда:

- уровень воды
- температура воды
- pH
- электропроводность
- растворенный в воде кислород
- насыщенность кислородом
- минерализация
- плотность воды
- соленость воды

Специалисты отслеживали поступающую информацию и контролировали технические параметры.

Рис 8. **Проведение сравнительных измерений**

Рис 9. **Оборудование, установленное в Финляндии на станции Pitkäkoski, Vantaa**

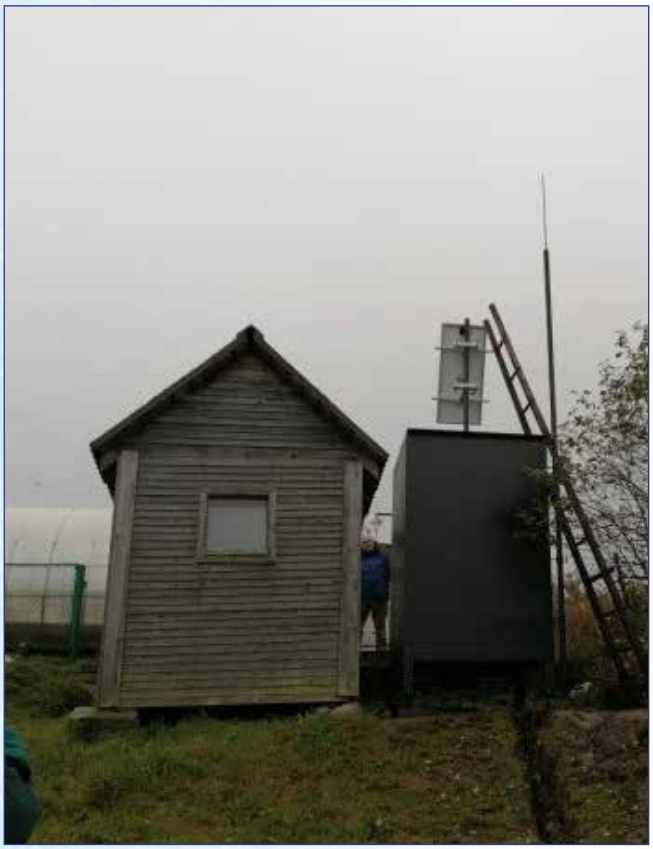


Рис 10. **АГХК р. Олонка – г. Олонец**

Рис 11. **АГХК р. Тулемайоки – пгт Салми**

Рис 12. **АГХК р. Ууксунйоки – д. Ууксу**

Первичные результаты мониторинга

Установленное оборудование работает в штатном режиме, без замечаний и сбоев с 27.10.2019. Согласно техническим требованиям, необходимо проведение ежемесячной калибровки датчиков pH и концентрации кислорода. В соответствии с программой наблюдений на постах, где установлено оборудование, производится ежеквартальный отбор проб в ручном режиме. Сравнительный анализ данных, проведенных по результатам исследований в 4-м квартале 2019 г., в 1-м и 2-м кварталах 2020 г. показал удовлетворительную сходимость результатов. Осредненные значения представлены в *Табл. №9*

Таблица 9. **Средние значения определяемых характеристик**

Определяемая характеристика (показатель)											
		pH		Насыщенность кислородом		Растворенный кислород		Электропроводность		Температура воды	
		ед. pH	ед.pH	%	%	мг/л	мгО/дм³	мкСм/см	мкСм/см	С°	С°
Способ получения данных определяемой характеристики (показателя)											
		Данные многопараметрического зонда	Анализ в ЛМЗОС	Данные многопараметрического зонда	Анализ в ЛМЗОС	Данные многопараметрического зонда	Анализ в ЛМЗОС	Данные многопараметрического зонда	Анализ в ЛМЗОС	Данные многопараметрического зонда	Анализ в ЛМЗОС
ГП-1 р. Олонка – г. Олонец											
1	Средние значения	6,4	6,4	83,0	80,0	9,0	10,0	43,0	40,0	24,0	23,5
ГП-1 р. Тулемайоки – пгт Салми											
2	Средние значения	6,4	6,4	85,0	74,0	9,6	9,0	49,0	49,0	8,0	8,0
ГП-1 р. Уксунйоки – д. Уксу											
3	Средние значения	6,0	6,2	83,0	80,0	10,0	9,5	2,3	31,0	12,0	11,9

Во втором квартале 2020 года была проведена калибровка установленного оборудования и потребовалась замена датчика pH на ГП-1 р. Уксунйоки – д. Уксу. Датчик был заменен из состава ЗИП.

Данные, полученные в автоматическом режиме, сравниваются с традиционными наблюдениями, проводимыми в лабораторных условиях. База данных для анализа близости (воспроизводимости) получаемых результатов пополняется ежеквартально. Предварительные сличительные результаты можно считать удовлетворительными.

В целом, установленные автоматические станции зарекомендовали себя как надежное оборудование. Инженерные решения, предложенные конструкторами при техническом переоснащении наблюдательных пунктов, прошли длительное обсуждение и согласование. Объективные обстоятельства, в том числе наличие земельного участка и расположение действующего государственного наблюдательного пункта, необходимость антивандальной защиты, ограничили возможность размещения оборудования. Опыт эксплуатации показал, что техническое обслуживание гидрохимического зонда и сенсоров возможно только в безледоставный период. Таким образом, в зимний период данные, поступающие с АГХК, потребуют введения поправочных коэффициентов, рассчитать которые возможно будет по результатам достаточного объёма параллельных наблюдений.

За период проведения наблюдений на исследуемых водных объектах не было случаев высокого и экстремально высокого загрязнения. Однако показатели ХПК и БПК5 постоянно превышают допустимые

Рис 12. **Калибровка датчиков на ГП-1 р. Олонка – г. Олонец**

Рис 13. **Замена датчика pH на ГП-1 р. Ууксунйоки – д. Ууксу**

значения ПДК (наблюдения проводятся ежеквартально) Средние значения представлены в *Табл 10.* на реках Олонка, Тулемайоки, Ууксунйоки, Тохмайоки, что свидетельствует о перегруженности воды органическими веществами. Кроме того, везде отмечается превышение ПДК по Fe общ и Mn. Но превышения этих ингредиентов обусловлено природными особенностями и характерно для территории Республики Карелия.

По результатам проведенных исследований и данным АГХК уровень растворенного кислорода в реках составляет 10-12 мг/дм3, что свидетельствует об удовлетворительном экологическом состоянии водных объектов. Однако хозяйственная деятельность человека оказывает существенное антропогенное воздействие на контролируемые реки и необходим постоянный мониторинг состояния водотоков, для сохранения экосистемы.

Таблица 10.

Наименование водного объекта	Расположение пункта наблюдений	Превышение ПДК (раз) по ингредиентам (среднее значение)							
		Fe общ		ХПК		БПК5		Mn	
		Среднее значение (мг/дм3)	Превышение ПДК (раз)	Среднее значение мгО/дм^3	Превышение ПДК (раз)	Среднее значение мгО/дм3	Превышение ПДК(раз)	Среднее значение мг/дм3	Превышение ПДК (раз)
р. Олонка	ГП-1 р. Олонка – г. Олонец	0,97	9,7	4,3	3,2	2,0	1,0	0,03	3,0
	р. Олонка – устье	0,45	4,5	35,0	2,3	2,4	1,2	0,03	3,0
р. Тулемайоки	ГП-1 р. Тулемайоки – пгт Салми	0,68	6,8	41,0	2,7	2,0	1,0	0,02	2,0
	р. Тулемайоки – устье	0,4	4,0	42,0	2,8	2,2	1,1	0,03	2,0
р. Ууксунйоки	ГП-1 р. Ууксунйоки – д. Ууксу	0,85	8,5	35,2	2,3	2,0	1,0	0,025	2,2
	р. Ууксунйоки – устье	0,78	7,8	32,0	2,1	2,0	1,0	0,02	2,0
р. Тохмайоки	р. Тохмайоки – ст. Рюттю	0,5	5,0	50,0	3,3	2,2	1,1	0,04	4,0
	р. Тохмайоки – устье	0,4	4,0	40,0	2,6	2,0	2,0	0,02	2,0

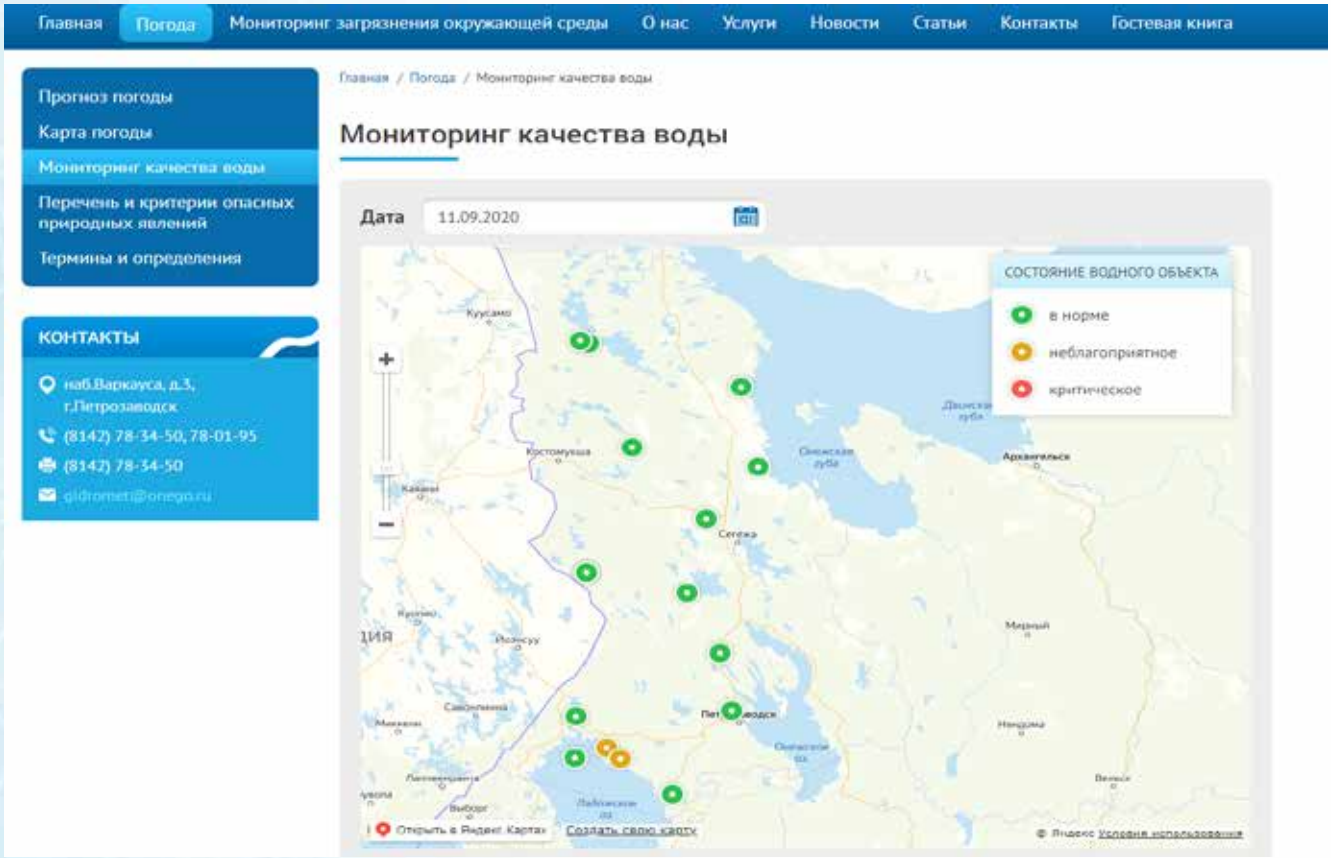
Доступ к информации для населения и специалистов

Модернизация официального сайта Карельского ЦГМС в рамках проекта Eco-Bridge позволит представлять данные, получаемые с АГХК, в режиме онлайн. Специализированное программное обеспечение отслеживает параметры, и данные на сайте представляются в удобном формате, доступном для широкого круга лиц. Цветовая индикация, формирующаяся в зависимости от качественного состояния водного объекта, дополняет информационную составляющую. При удовлетворительном состоянии всех контролируемых параметров на сайте пункт наблюдений подсвечен зеленым цветом. В случае возникновения неблагоприятной или опасной ситуации по любому из отслеживаемых станцией элементов, цветовая индикация будет меняться на желтый и далее красный цвет.

Для специалистов, кроме того, будут доступны базы данных мониторинга, полученные при реализации проекта, содержащие информацию по всем 36 элементам, контроль за которыми производился ежеквартально в районе устьев рек и в местах расположения пунктов государственной наблюдательной сети.

Дальнейшее развитие

В настоящее время возможности автоматического мониторинга еще ограничены и в части количества контролируемых параметров и в отношении обеспечения надлежащего функционирования станций, особенно в северных условиях, в период ледостава. А именно в этих условиях, когда снижается количество растворенного кислорода и разбавляющая способность, особенно важно контролировать качественный состав воды. Многие элементы пока еще не могут измеряться в режиме мониторинга. Некоторое оборудование не подходит для измерения низких концентраций веществ в природных водах.



Традиционный гидрохимический мониторинг пока не может быть в полном объеме заменен автоматическим, но широкий спектр анализов уже может контролироваться в автоматическом режиме. Особенно актуален такой контроль в местах расположения производственных объектов, с включением в состав гидрохимических зондов датчиков, ориентированных на распознавание концентраций определенных опасных загрязнителей. А в отношении мониторинга трансграничных водных объектов именно использование автоматических станций контроля позволит самым оптимальным образом унифицировать наблюдения и обеспечить надлежащий контроль.

Проведенное в рамках проекта предварительное исследование водосборных бассейнов водотоков Янисйоки и Тохмайоки уже позволяет провести предварительный анализ, которые может стать основой для развития системы трансграничного мониторинга. На территории Республики Карелия расположено еще множество других трансграничных водных объектов, стандартизированная оценка состояния которых также важна для развития добрососедских отношений.

Карельский ЦГМС получил опыт взаимодействия с ведущими институтами Финляндии, осуществляющими мониторинг окружающей среды, и он будет использоваться в системе не только трансграничного мониторинга, но и предлагаться для расширения региональных систем гидрохимического и аэрохимического мониторинга.

1.1.3 Онлайн измерение фосфатного фосфора на финской стороне

Общая информация

Как и азот, фосфор является основным питательным веществом, которое ограничивает основное производство и рост водорослей в водоемах. Таким образом, концентрация фосфора является хорошим показателем эвтрофикации водного объекта и важной частью общего мониторинга качества воды. Избыточное поступление фосфора и азота в водоем приведет к эвтрофикации вод. Эвтрофикация приводит к изменениям в структуре населения растительности и животных видов и увеличивает биомассу и, таким образом, например, потребление кислорода по мере разложения этой биомассы.

Общий фосфор включает в себя весь фосфор в воде, то есть фосфор, связанный с живыми и мертвыми организмами, а также частицы почвы и фосфор в растворенном виде. Источники фосфора показаны на *Рис. 15*. В речных водах концентрация общего фосфора может варьироваться в значительной степени в зависимости от количества осадков и вызванных ими изменений в выщелачивании питательных веществ из водосборного бассейна. Сезон года имеет значение, так как количество выщелачиваемых питательных

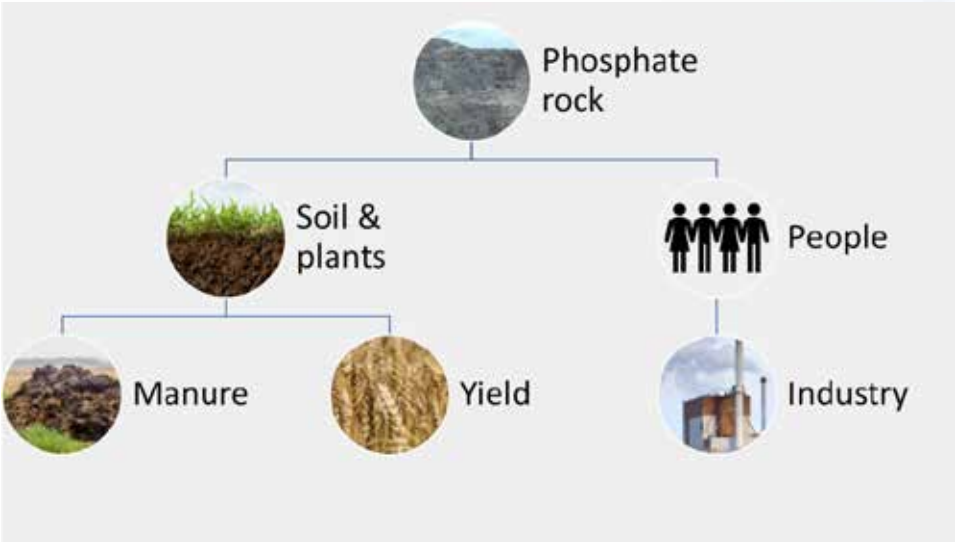


Рис. 15. **Основные источники фосфора**

Рис 16. **Устройство измерения уровня PO4-P с применением пассивных коллекторов (DGT, см. также www.dgtresearch.com)**

веществ обычно самое высокое вне вегетационного периода.

Фосфатный фосфор (т.е. растворенный неорганический фосфор, PO4-P) является основным соединением фосфора, используемым водорослями. Поэтому важно знать, какая доля общего фосфора находится в растворимой форме. Это трудно измерить, отчасти потому, что концентрации PO4-P обычно очень низки в течение производственного сезона, так как водоросли эффективно используют доступный фосфор.

Уровень общего фосфора еще не может быть измерен непосредственно с помощью непрерывных датчиков качества воды. Однако она может быть рассчитана на основе мутности, измеряемой приборами непрерывного качества воды, особенно в водосборах с глинистыми почвами.

Сенсор фосфатного фосфора (PO4-P)

В рамках проекта Eco-Bridge был протестирован новый метод пассивного фильтра для измерения PO_4-P. Этот метод не дает непрерывных измерений, но результатом является, например, среднее значение за 2 дня, что значительно лучше, чем обычно получается с образцами воды. Период измерения PO_4-P с этим пассивным фильтром начался в середине марта 2020 года. Устройство было арендовано у финского поставщика оборудования Luode Consulting Oy (http://www.luode.net/en). Измерения будут продолжаться от четырех до пяти месяцев в течение лета 2020 года.

Метод измерения

Метод основан на инкубации пассивных коллекторов (производства DGT) (*рис. 16* и больше информации на www.dgtresearch.com). В настоящее время коллекторы хорошо стандартизированы, как и лабораторные определения собранных образцов в конце периода измерений. До сих пор проблема заключалась в том, что вывоз и извлечение коллекторов были трудоемкими. Эта проблема была решена, когда французская компания разработала устройство под названием THOЁ, которое автоматически меняет инкубатор с нужными интервалами. Карусель устройства может вместить 12 коллекторов. Преимущество коллекторов перед автоматическим отбором проб воды состоит в том, что собранные вещества химически связываются в них и больше не изменяют своей формы. Поэтому коллекторный анализ не требует спешки, в отличие от обычного анализа проб воды. Конечный результат

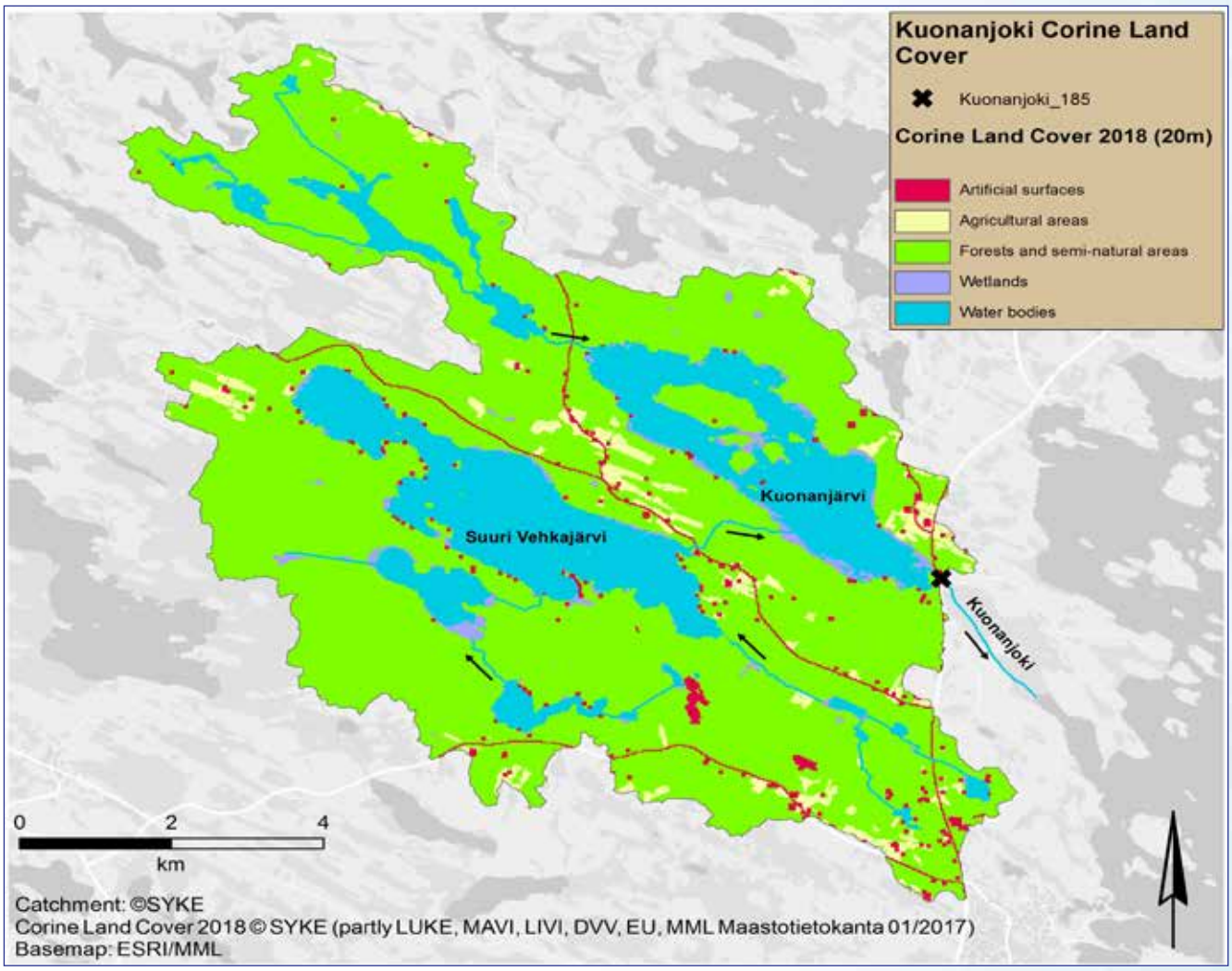


Рис. 17. **Территория водосбора стации измерения PO4-P на реке Коунанйоки, землепользование на территории водосбора. Измерительная стация расположена на реке Коунанйоки сразу на выходе из озера**

рассчитывается как концентрация по формуле, учитывающей среднюю температуру измеряемого периода, коэффициент диффузии, продолжительность периода, фоновую концентрацию и коэффициент извлечения.

Реализация

Оборудование было установлено на финской стороне в районе водосбора Куонанйоки. На рис.3 показана площадь водосбора над точкой наблюдения. Площадь участка составляет 73,5 км2, большая часть которого – лесные угодья (72%). Сельскохозяйственные угодья занимают всего 3%, а озера в этом районе занимают 20% от общей площади. В этом районе много моренных почв (почвы смешанной фракции) и немного торфяных почв (*рис. 18*). Точка измерения (*рис. 17*) расположена в реке, вытекающей из озера Куонанъярви. Место проведения измерений было выбрано потому, что автоматическое измерение качества воды уже велось в рамках другого проекта (https://www.luke.fi/en/projektit/operandum/) и это позволило провести быстрое и все еще высококачественное измерение.

Результаты

На этой точке измерений, согласно данным мониторинга, концентрации PO4-P обычно очень низки. На основании стандартных лабораторных измерений пяти проб воды (5 марта, 23 апреля, 14 мая, 10 июня и 23 июня в 2020 году) средняя

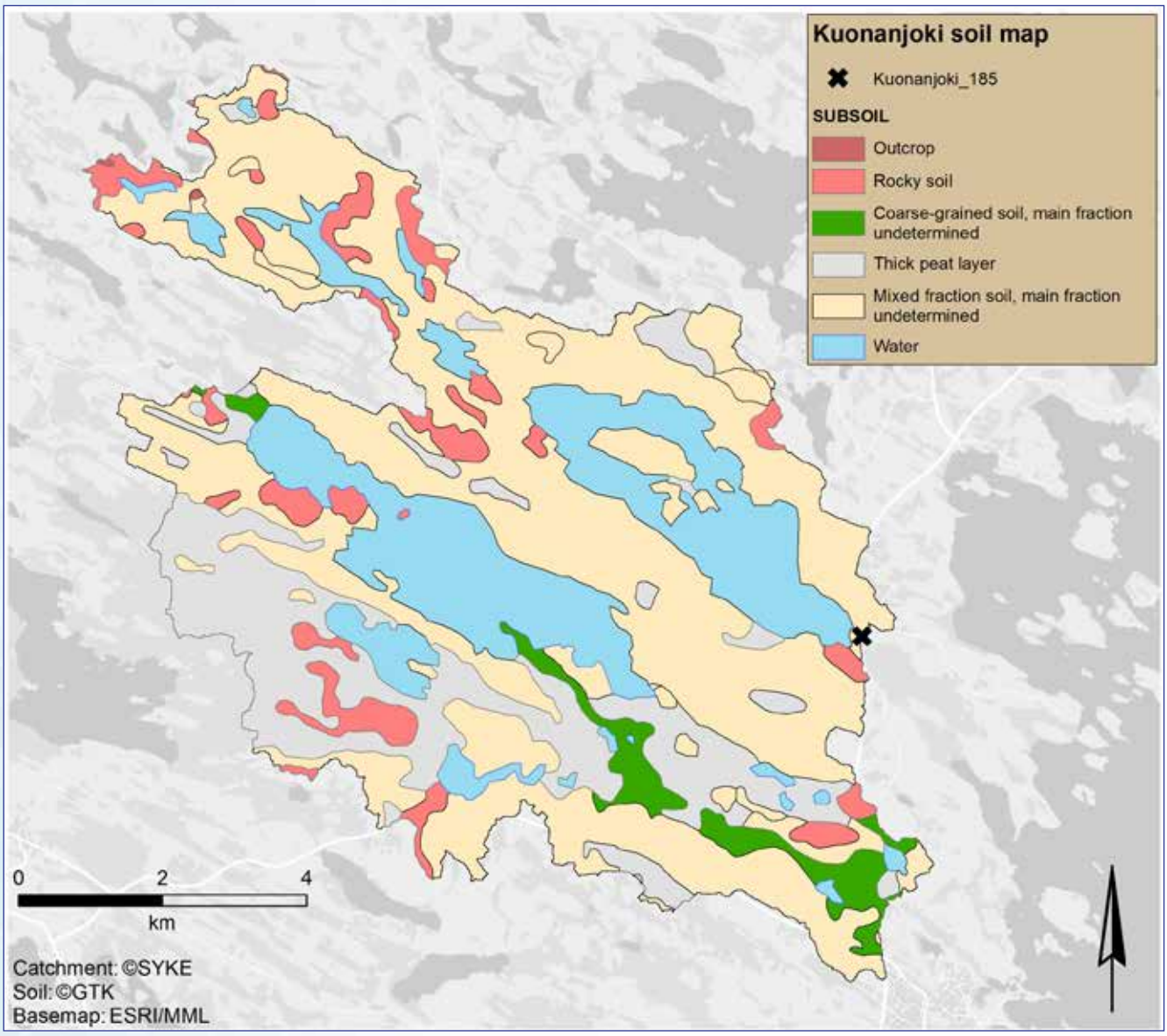


Рис. 18. **Основные типы почв на территории водосбора**

концентрация общего фосфора составила 34 мкг/л. В течение соответствующего периода средняя концентрация общего фосфора составляла 1,9 мкг/л. Таким образом, доля PO_4-P в среднем составляла лишь 6% от общего фосфора. Поскольку предел обнаружения PO_4-P колеблется в пределах от 2 до 5 мкг/л, измеренные значения концентрации очень близки к пределу определения.

Новый DGT-метод мог бы обнаружить небольшие вариации в течение весеннего периода измерений, но уровень был низким в течение всего этого периода (*см. рис. 19*). В конце мая концентрация PO_4-P резко возросла, причем максимальное значение было выше 50 мкг/л. Кроме того, в летние месяцы наблюдается несколько периодов повышенных концентраций, самые высокие из которых находятся на том же уровне (30–50 мкг/л), что и в реках сельскохозяйственных районов. С другой стороны, все лабораторные результаты, основанные на ручном отборе проб, довольно низки, и эти наблюдения очень хорошо вписываются в непрерывно измеряемый временной ряд DGT. Из *Рис. 19* также видно, что увеличение концентрации PO_4-P не связано с выпадением осадков.

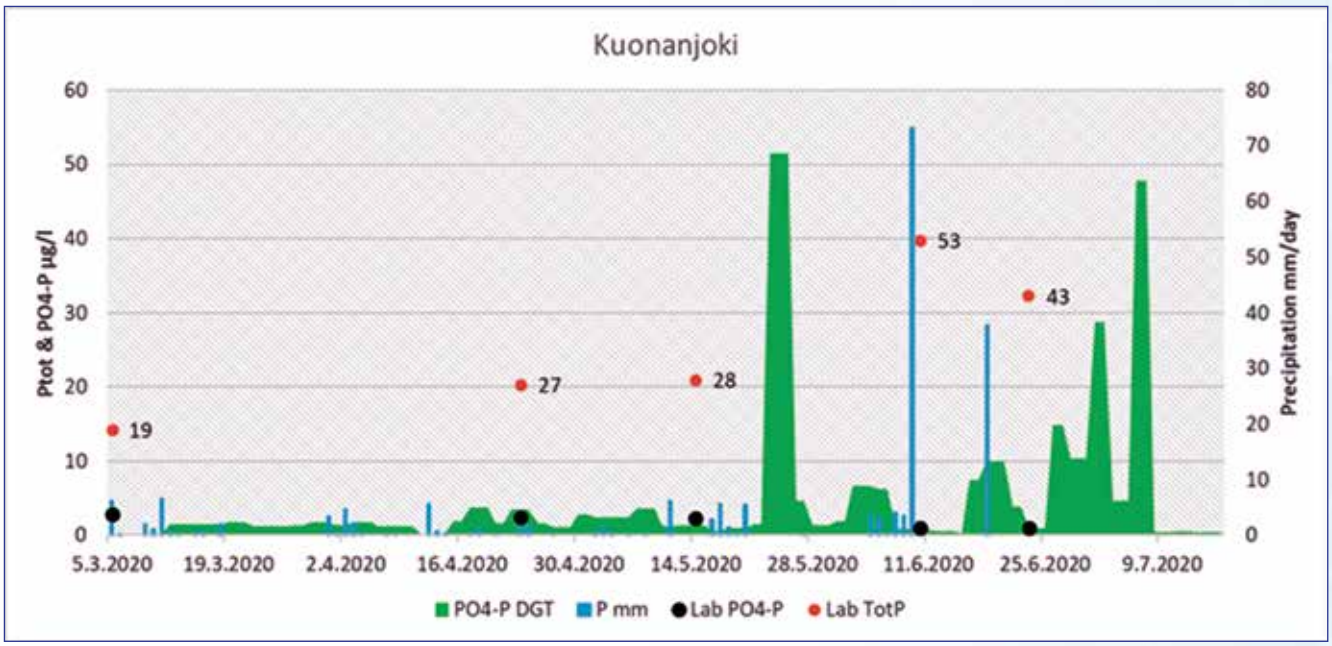


Рис. 19. **Вариация PO4-P, измеренная с помощью пробоотборника с пассивным фильтром DGT в реке Куонанйоки в период с середины марта по середину июля. На рисунке также показано изменение общего фосфора, анализируемого из взятых проб воды. Также показаны суточные уровни осадков**

Потребности в развитии

Технически измерения прошли успешно. Поставщик оборудования позаботился о техническом обслуживании и замене коллекторов, а также об их доставке в лабораторию. По нашему опыту, метод измерения кажется надежным, и на самом деле потребность в техническом обслуживании невелика. Место наших измерений находилось чуть ниже озера Куонанъярви, поэтому, вероятно, на уровень концентрации повлияли процессы эвтрофикации самого озера. Диапазон PO_4-P за весь период варьировался в пределах 0,3-51 мкг/л, поэтому мы получили много вариаций в измеренных уровнях PO_4-P. Таким образом, результаты показали, что в проложенном водосборе, таком как водосбор Куонанйоки, концентрации PO_4-P, по-видимому, значительно варьируются.

В будущем целесообразно выбрать место измерения с различными уровнями концентрации PO_4-P, причем измерения должны проводиться не только в реках, но и в эвтрофных озерах. Метод измерения также должен быть испытан в различных местах и в течение всего весенне-летнего периода, чтобы выяснить временные вариации PO_4-P. Было бы также полезно проверить метод на интенсивных животноводческих площадях или в районе с, например, промышленными выбросами PO_4-P.

1.1.4 Онлайн измерение качества воздуха на финской стороне

Станция мониторинга качества воздуха Ilomantsi Pötsönvaara Финского метеорологического института (FMI) (*Рис. 20*) была создана в 1997 году, то есть 23 года назад. Инфраструктура станции и контрольно-измерительные приборы нуждались в существенной модернизации для обеспечения непрерывной работы станции (*Рис. 21*). Это важно, так как станция вместе с участком сбора отложений в Хиетаярви является единственной станцией мониторинга качества воздуха в округе Северная Карелия. По сути, это единственная станция фонового мониторинга качества воздуха вблизи финско-российской границы

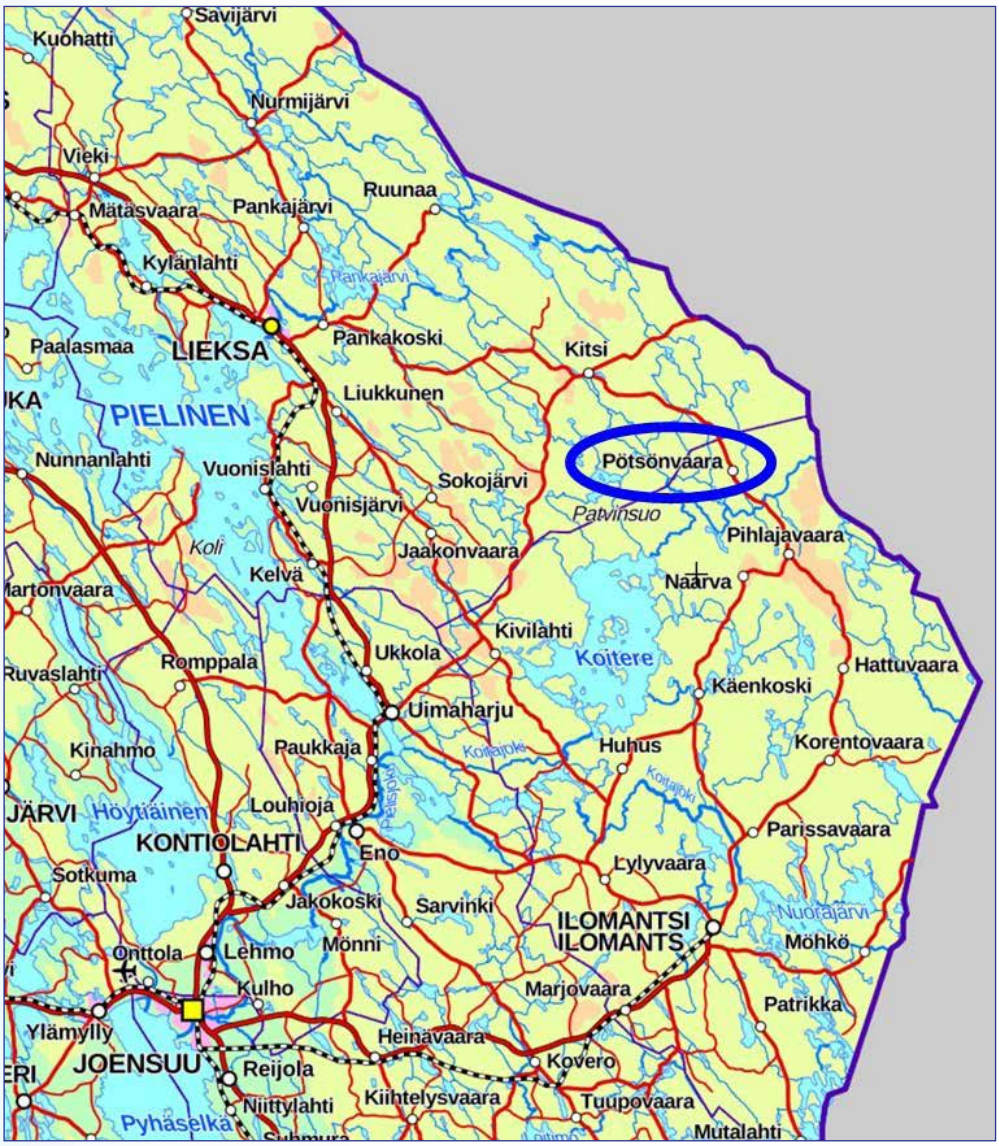


Рис. 20. **Местонахождение станции мониторинга качества воздуха Петсенваара (Карта: National Land Survey, https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka).**

между Виролахти и Куусамо. Располагаясь в районе без локальных источников фонового загрязнения, станция может выступать в качестве регионального эталона чистого воздуха не только в Восточной Финляндии, но и в Республике Карелия.

Реализация проекта – новый измерительный контейнер для станции мониторинга качества воздуха в Петсенвааре

Был приобретен новый измерительный контейнер (Рис. 22). Он был установлен на станции мониторинга Иломантси – Петсенваара после того, как для него был сделан гравийный фундамент. Новое место находится в непосредственной близости

Рис. 21. Старый измерительный контейнер на станции мониторинга качества воздуха Иломантси – Петсенваара

от старого контейнера. Старый контейнер был выведен из эксплуатации и вывезен с территории. К станции была проложена новая линия электропередачи.

Реализация проекта – новые измерители качества воздуха

Была завершена процедура закупки монитора диоксида серы и монитора озона, а также связанного с ними аппаратного и программного обеспечения (Рис. 23). Озоновый монитор-модель 49i фирмы Thermo Electron Corporation. Модель монитора диоксида серы-модель 43i-TLE также компании Thermo Electron Corporation. Измерительный компьютер-модель ARK-3520P фирмы Advantech Co.. Программное обеспечение для сбора и передачи данных – Envidas Ultimate от Envitech Ltd. Источник бесперебойного питания – модель 9130i фирмы Eaton ® Corporation plc.

Рис. 22. **Новый измерительный контейнер на гравийном фундаменте на станции мониторинга качества воздуха в Петсенвааре. Линия заборника проб воздуха видна близко к правому заднему углу. Тепловой насос с воздушным источником, способный охлаждать контейнер летом, находится рядом с дверцей контейнера**

Рис. 23. **Вид внутри нового измерительного контейнера. На столе слева направо: измерительный компьютер, монитор диоксида серы и монитор озона. В углу под столом находится источник бесперебойного питания (ИБП)**

Рис. 24. **Делегация КЦГМС на входе в Институт метеорологии Финляндии**

Реализация проекта – ознакомительный визит КЦГМС в Институт метеорологии Финляндии

23 мая 2019 года состоялся ознакомительный визит сотрудников КЦГМС в штаб-квартиру Института метеорологии Финляндии в Хельсинки (*Рис. 24*). В ходе визита были представлены различные мероприятия Института метеорологии Финляндии, связанные с вопросами мониторинга качества воздуха и радиоактивности.

Реализация проекта – ознакомительный визит в Петсенваару

Из-за пандемии Covid-19 и связанных с ней ограничений на поездки запланированный учебный визит KarChem на станцию мониторинга качества воздуха в Петсенвааре был отменен. Вместо этого Институт метеорологии Финляндии готовит видеопрезентацию о мониторинге качества воздуха в Финляндии со следующей повесткой дня:

- Мониторинг качества воздуха в населенных пунктах
- Фоновые станции мониторинга качества воздуха
- Лабораторные измерения проб аэрозоля и осадков
- Национальная референс-лаборатория по вопросам качества воздуха
- Оценка качества воздуха с помощью дисперсионного моделирования

Результаты проекта

Этот проект имеет жизненно важное значение для обеспечения непрерывности измерений качества воздуха в Петсенвааре. Старый контейнер был в очень плохом состоянии. Вода от дождя и тающего снега проникала в стенку контейнера и конструкцию крыши, вызывая опасность для здоровья руководителя станции и обслуживающего персонала из-за микробной активности. Электрическая система контейнера также находилась в конце своего технического срока службы. Отсутствие кондиционера было опасно для инструментов в контейнере, потому что летом температура поднималась слишком высоко. Мониторы для измерения содержания озона и диоксида серы тоже были довольно старыми, и запасные части стало трудно приобрести.

В результате реализации этого проекта Институт метеорологии Финляндии теперь располагает современной станционной инфраструктурой в Петсенвааре. Новая линия электропередачи к станции обеспечивает повышенную электробезопасность и надежность. Новый контейнер обеспечивает безопасную и приятную рабочую среду для персонала, посещающего станцию. Улучшенный контроль температуры в контейнере обеспечивает хорошие условия для работы приборов. Это приведет к повышению точности измерений и лучшему охвату временных данных по мере уменьшения числа неисправностей приборов. Электрическая система контейнера в настоящее время соответствует всем действующим официальным техническим требованиям и требованиям безопасности. Новые мониторы озона и диоксида серы должны предоставить данные за следующие 5 – 10 лет.

В дополнение к усовершенствованной инфраструктуре мониторинга качества воздуха проект поддерживает развитие программ мониторинга качества воздуха в Республике Карелия путем предоставления регионального эталонного участка чистого воздуха и передачи ноу-хау в адрес КЦГМС. Это важно, поскольку загрязняющие вещества не остаются в государственных границах.

1.2 ЭЛЕКТРОННЫЕ И WEB СРЕДСТВА ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ПО ОБЕ СТОРОНЫ ГРАНИЦЫ.

VESINETTI в Финляндии

Система Vesinetti была разработана в рамках проекта GISBLOOM (01/10/2010–30/09/2013) в сотрудничестве с SYKE и другими органами власти, финансируемыми EC LIFE+ (Best LIFE Environment projects 2014, 48). Арбонаут отвечали за поддержание и развитие технологий.

Веб-сервис Vesinetti объединяет данные и модели для совместного мониторинга и управления речными бассейнами. Кроме того, он обеспечивает платформу для обмена информацией и служит местом для обмена между органами власти и сетями управления водными ресурсами. Он используется для наблюдения и сохранения данных о состоянии водных систем. Vesinetti позволяет облегчить обмен информацией между органами власти, учеными и разного рода экспертами, а также профессиональными пользователями и гражданами.

В настоящее время в Финляндии он объединяет общенациональные данные и модели и используется для управления, проектирования и регистрации данных, связанных с цветением водорослей и эвтрофикацией, климатом, гидрологией, гидробиологией, землепользованием, нагрузкой питательными веществами и реагированием на качество воды (оценка изменения климата в озерах и прибрежных районах).

Системой постоянно пользуются центры экономического развития, транспорта и окружающей среды Финляндии и ассоциации по защите воды, что позволяет работать модели LLR.

LLR (реагирование на нагрузку на озера). это браузерное средство моделирования, разработанное SYKE для оценки влияния нагрузки на водные объекты. Модель LLR помогает оценить потребность в сокращении нагрузки и, таким образом, в планировании и управлении бассейнами рек (Vesimuodostumakohtaisen kuormituksen vaikutus ja vähennystarpeen arviointi – LLR, SYKE, 2014).

Пользователи могут сами создавать и добавлять данные в систему, а содержащаяся в ней информация может быть как в общем, так и в ограниченном доступе. Из информации, хранящейся в сервисе, могут быть созданы страницы в формате html, чтобы “основные пользователи” также могли использовать эту информацию. Существуют различные категории пользователей, что позволяет выполнять различные уровни задач: разрешение на редактирование информации или работа в режиме посетителя (просмотр данных без прав на их изменение).

Веб-информационная система эко-мониторинга в Карелии и Финляндии

В рамках проекта Eco-Bridge была разработана новая веб-информационная система, позволяющая осуществлять сбор, мониторинг и доставку данных конечным пользователям в России. Система объединяет доступные данные об окружающей среде в одной централизованной базе данных, что позволяет сравнивать данные, полученные по обе стороны границы в России и Финляндии, осуществлять мониторинг и обмениваться информацией, интересной для общественности.

КЦГМС управляет уровнями доступа пользователей и предоставляет учетные записи в соответствии с целью использования. Они могут регулировать, какие данные будут доступны для каждого поль-

зователя. Точно так же, как и в Vesinetti, существуют различные уровни пользователей, позволяющие выполнять различные уровни задач: редактировать или просматривать данные.

Информация со станций мониторинга

Информационная система была создана для сбора и визуализации данных с нового оборудования – автоматические станции мониторинга воды, установленные в рамках этого проекта, помогут обеспечить широкий круг людей информацией о состоянии воды, в том числе о качестве воды. Данные, включая фотографии точек отбора проб, с этих трех станций автоматически поступают в веб-систему и позволяют осуществлять современный мониторинг. Данные включают в себя набор параметров и показателей, определяемых КГЦМС и представленных в виде графиков и таблиц. Ежеквартально информация о состоянии водных объектов будет вручную добавляться в систему после лабораторных испытаний по 32-м параметрам.

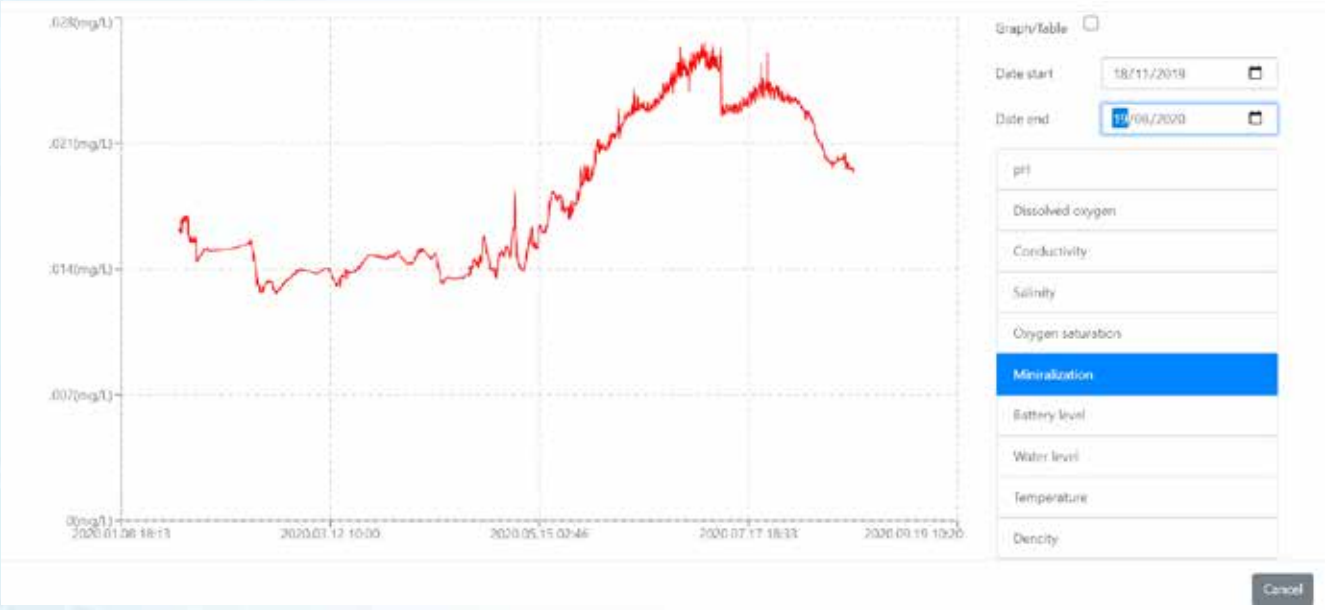


Рис. 25. **Пример представления данных станции мониторинга в Уксунйоки**

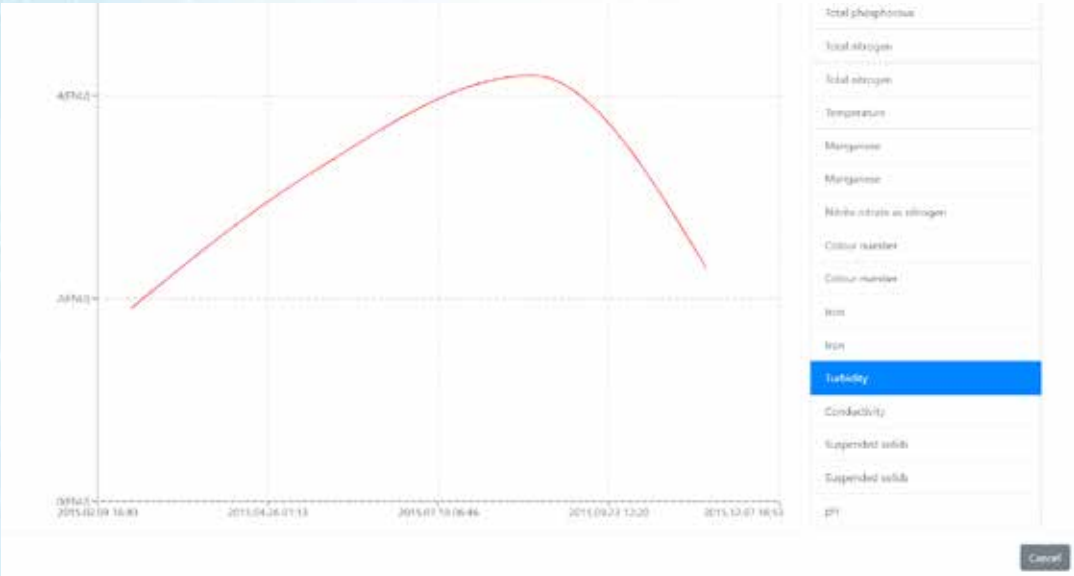


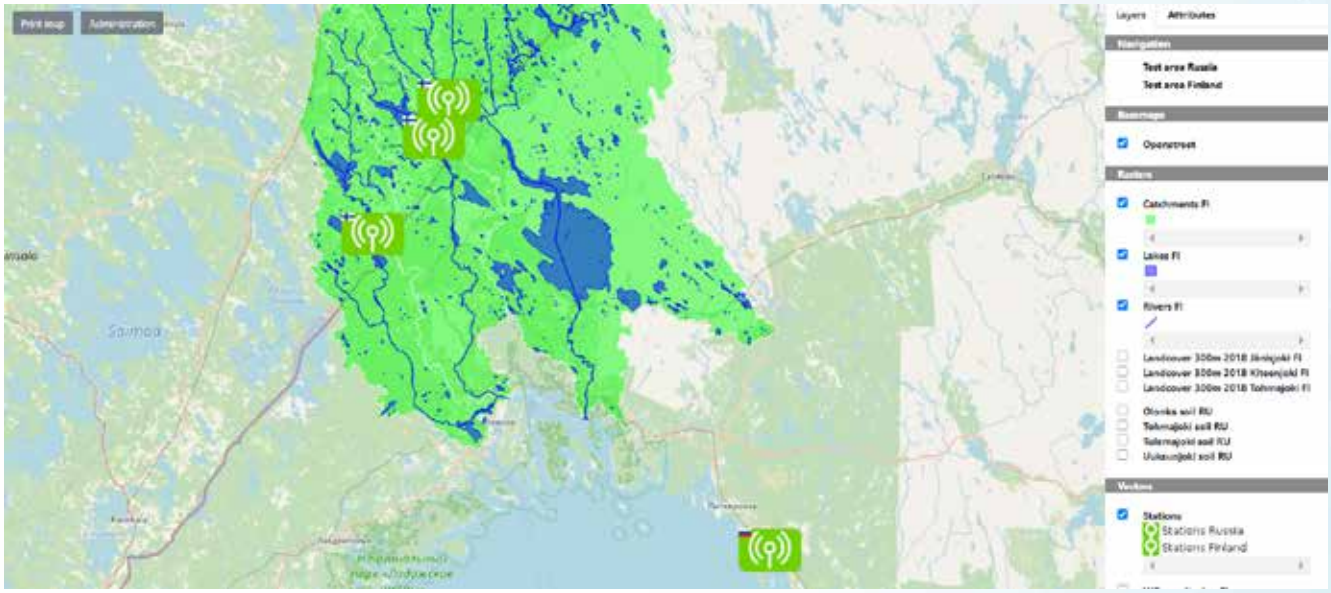
Рис. 26. **Пример представления лабораторных данных станции мониторинга в Китенйоки**

На финской стороне существует интерфейс между этой системой и базой данных VESLA, управляемой SYKE. С помощью новой системы можно просматривать данные базы данных VESLA с мест наблюдений в Финляндии и информацию о пробах воды, (Информационная система о состоянии поверхностных водруководящие принципы качества воды для производителей информации, Ymparisto.fi, 2018).

Карты и слои

Система работает на базе Open Street Map. Существуют различные растровые карты с указанием рек, озер и водосборных бассейнов. В строке меню можно выбрать, какие слои должны быть видны.

Рис. 27. Пример представления слоев на карте (источник: SYKE)[1]



Карта почвенно-растительного покрова

Ниже представлен вид карты растительного покрова Финляндии, представляющей пространственную информацию о различных типах покрытия земной поверхности. Легенды в меню указывают тип земли для каждого цвета.

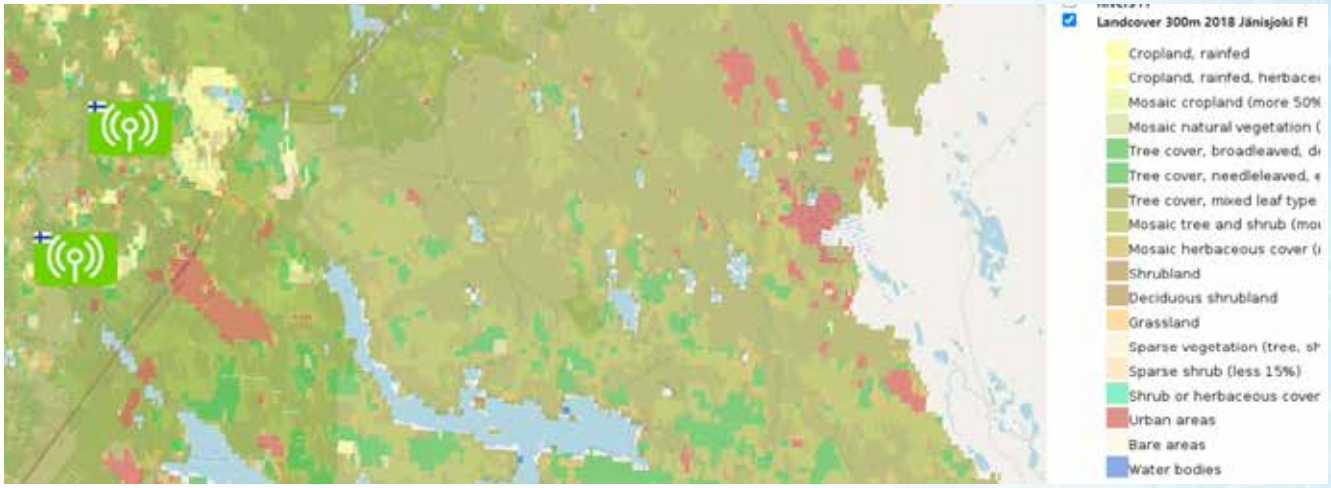


Рис. 27. **Почвенно-растительный покров Янисйоки[2]**

[1]Источник: SYKE
[2]Источник: ESA Climate Change Initiative – Land Cover led by UCLouvain (2018) ESA. Land Cover CCI Product User Guide Version 2. Tech. Rep. (2017). Available:maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf

Точно так же почвенные карты России указывают тип почв окрестностей Олонки, Тохмайоки, Тулемайоки и Ууксунйоки.

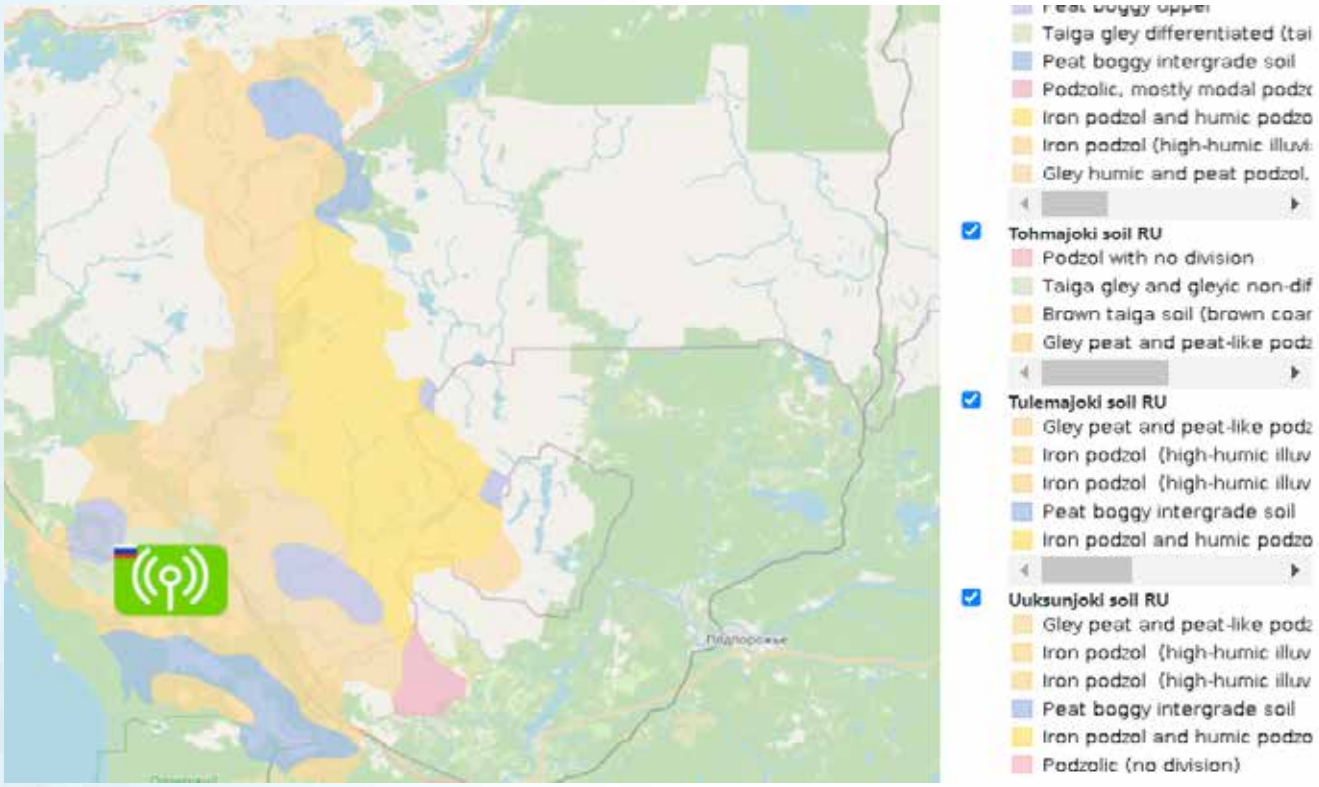


Рис. 29. **Карта почв р. Олонка[3]**

Точки ручного отбора проб

Значки ниже представляют собой места ручного отбора проб воды в Финляндии. Атрибуты представляют основную информацию о месте, включая количество выборок. Размер значка соответственно изменяется: чем больше выборок, тем больше значков.

Рис. 30. **Точка отбора проб Jänisjoki alajuoksu[4]**

[3] Источник: АНО «Центр энергетической эффективности»
[2] Источник: Arbonaut, OpenStreetMap

Рис. 31. **Пост гидрологических наблюдений – уровень воды**[5]

Экологический статус

Экологическое состояние трансграничных озер и рек представлено на карте разными цветами. Цвет указывает, каким является качество воды: плохим, умеренным, хорошим или отличным.

Рис. 32. **Экологическое состояние**[6]

Иные функции

Существует возможность распечатать нужные карты или виды.

Помимо автоматических станций, новые станции можно добавлять, редактировать и удалять вручную. Пользователь может добавить основную информацию для станции, включая идентификатор, имя, тип или добавить изображения.

На карте представлены площадки проекта KA5016, государственная сеть КЦГМС и трансграничные государственные наблюдательные посты.

[5] Источник: Arbonaut, OpenStreetMap
[6] Источник: SYKE, ELY-centres, Luke

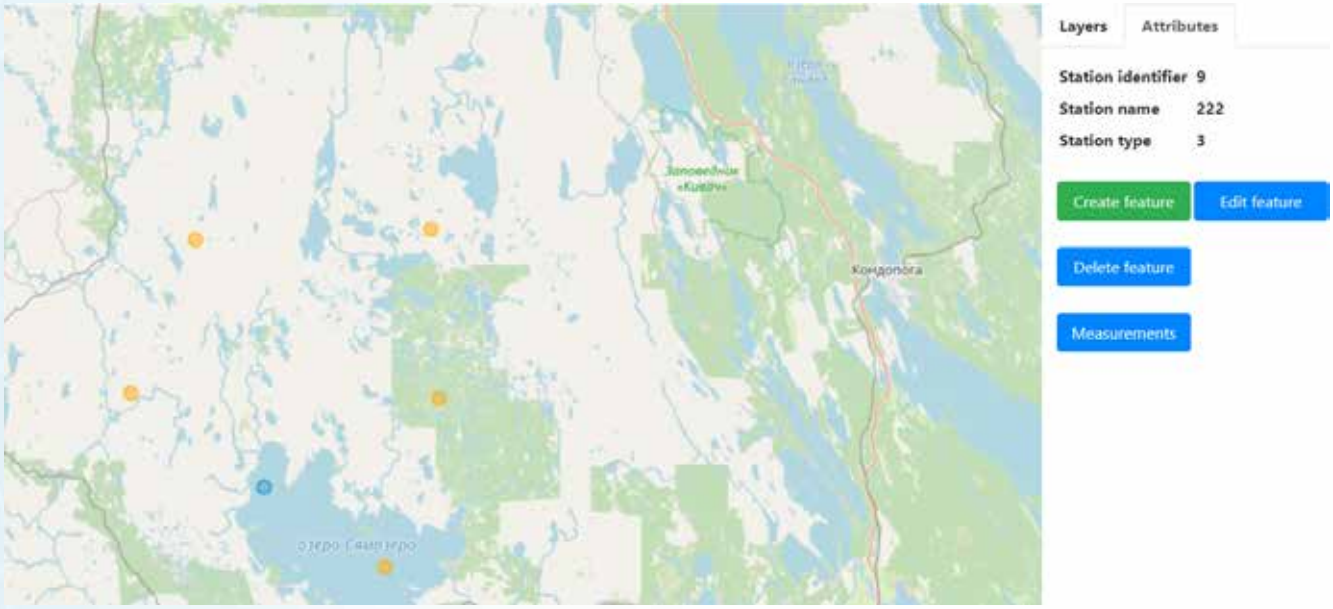


Рис. 33. **Пример вида карты при создании новой станции**[7]

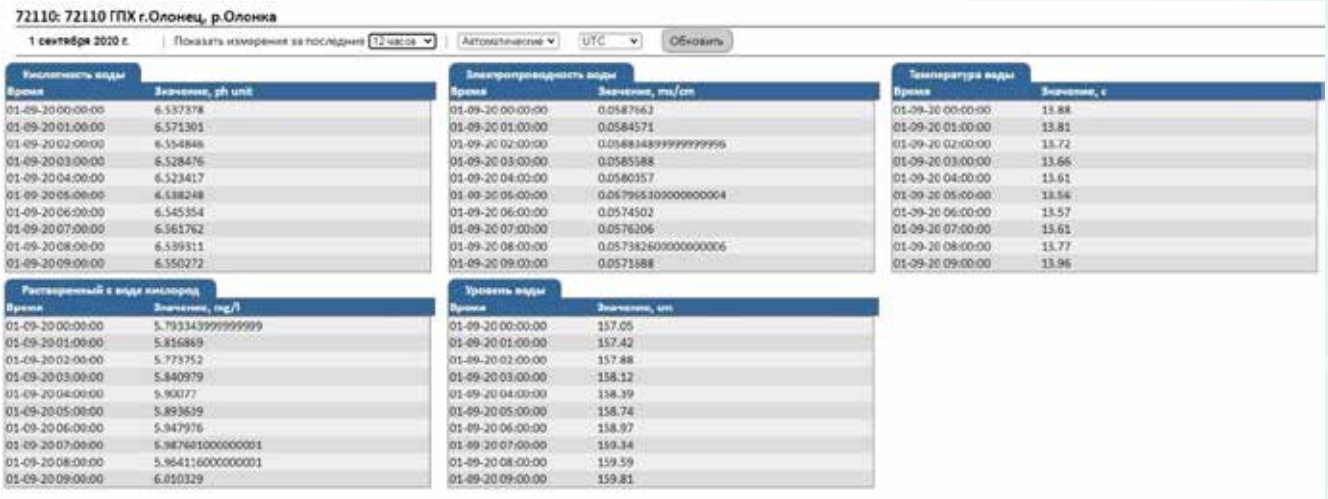
Применение на российской стороне

В рамках реализации проекта Арбонаут разработана специализированная WEB-информационная система. В Карельском ЦГМС установлен центр сбора данных наблюдений (ЦСДН), на который поступает информация с автоматизированных гидрохимических комплексов (АГХК). На ЦСДН формируется база данных, доступ к которой осуществляется через WEB интерфейс или специализированное ПО. Сотрудники Карельского ЦГМС с помощью ЦСДН могут просматривать и анализировать информацию с автоматизированных комплексов, которая может быть представлена в виде таблиц или графиков.

Информация с АГХК также представлена на интерактивной карте, на сайте Карельского ЦГМС и доступна всем пользователям. На карте отображается местоположение АГХК и выводятся ежедневные

Рис. 34. **Пример вида карты при создании новой станции** [7]

[7] Источник: Arbonaut, OpenStreetMap



72110: 72110 ГПХ г.Олонец, р.Олонка

1 сентября 2020 г. | Показать измерения за последние 12 часов | Автоматические | UTC | Обновить

Кислотность воды

Время	Значение, ph unit
01-09-20 00:00:00	6.537378
01-09-20 01:00:00	6.571301
01-09-20 02:00:00	6.554846
01-09-20 03:00:00	6.528476
01-09-20 04:00:00	6.523417
01-09-20 05:00:00	6.538248
01-09-20 06:00:00	6.545354
01-09-20 07:00:00	6.561762
01-09-20 08:00:00	6.539311
01-09-20 09:00:00	6.550272

Электропроводность воды

Время	Значение, ms/cm
01-09-20 00:00:00	0.0587662
01-09-20 01:00:00	0.0584571
01-09-20 02:00:00	0.058834899999999996
01-09-20 03:00:00	0.0585588
01-09-20 04:00:00	0.0580157
01-09-20 05:00:00	0.057965303000000004
01-09-20 06:00:00	0.0574502
01-09-20 07:00:00	0.0576206
01-09-20 08:00:00	0.057382600000000006
01-09-20 09:00:00	0.0571888

Температура воды

Время	Значение, c
01-09-20 00:00:00	13.88
01-09-20 01:00:00	13.81
01-09-20 02:00:00	13.72
01-09-20 03:00:00	13.66
01-09-20 04:00:00	13.61
01-09-20 05:00:00	13.56
01-09-20 06:00:00	13.57
01-09-20 07:00:00	13.61
01-09-20 08:00:00	13.77
01-09-20 09:00:00	13.96

Растворенный в воде кислород

Время	Значение, mg/l
01-09-20 00:00:00	5.793343999999999
01-09-20 01:00:00	5.816869
01-09-20 02:00:00	5.773752
01-09-20 03:00:00	5.840979
01-09-20 04:00:00	5.90077
01-09-20 05:00:00	5.893639
01-09-20 06:00:00	5.947976
01-09-20 07:00:00	5.987601000000001
01-09-20 08:00:00	5.964116000000001
01-09-20 09:00:00	6.010329

Уровень воды

Время	Значение, cm
01-09-20 00:00:00	157.05
01-09-20 01:00:00	157.42
01-09-20 02:00:00	157.88
01-09-20 03:00:00	158.12
01-09-20 04:00:00	158.39
01-09-20 05:00:00	158.74
01-09-20 06:00:00	158.97
01-09-20 07:00:00	159.34
01-09-20 08:00:00	159.59
01-09-20 09:00:00	159.81

показания с датчиков, при этом, при превышении значений измеряемых параметров нормы, маркер станции окрашивается в желтый или красный цвет.

Тематические карты в Финляндии

Комбинируя наборы пространственных данных, можно составить тематические карты, дающие общую картину землепользования, типа почв и рельефа местности. Данные о землепользовании позволяют составить карту, например, районов с высокой питательной нагрузкой. Информация о топографии позволяет, например, очертить водосборные площади, нанести на карту зоны риска наводнений, рассчитать уклоны полей и оценить их эрозионный риск. Потенциальное использование почвенных данных заключается в более точном определении подверженных эрозии почв. Данные о почвах и землепользовании могут быть объединены, и, например, поля на торфяных почвах могут быть нанесены на карту.

Тематические карты, объединяющие данные наблюдений за качеством воды, различные классификации и даже смоделированные данные, могут быть информативными. Тематические карты используются, например, для определения целевых показателей водоохранных мероприятий, таких как буферные зоны и водно-болотные угодья, в тех местах, где они приносят наибольшие выгоды.

В Финляндии картографические данные доступны совершенно открыто (напр., https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto), но их использование и анализ требуют знаний о программах пространственных данных, и в настоящее время эти данные все еще используются недостаточно. Тем не менее, для визуального просмотра карт доступны простые в использовании картографические сервисы (например, экологический картографический сервис, поддерживаемый SYKE). Однако существует потребность в тематических картах, в которых различные материалы вычислительно объединяются и которые могут быть дополнительно обработаны с другими материалами из экологических баз данных. Результаты моделирования нагрузок по питательным веществам и твердым частицам также желательны в качестве картографических.

На *Рис. 25-27* приведены некоторые примеры тематических карт. На некоторых картах нет данных о российской стороне. Так как, например, экологическая классификация в России не проводится по тому же методу, что и в странах ЕС.

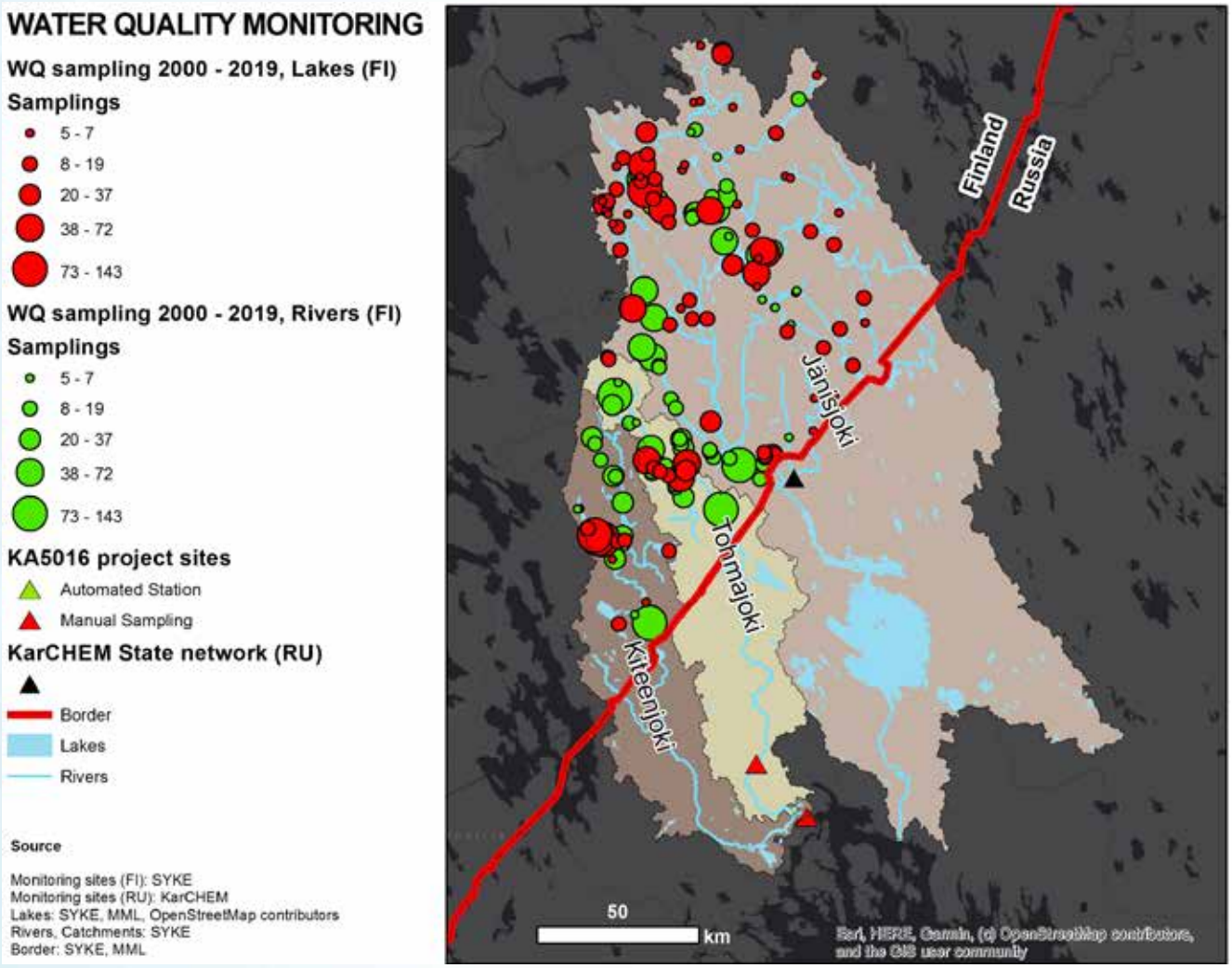


Рис. 35. **Тематическая карта показывает количество проб воды как в реках, так и в озерах трех трансграничных речных бассейновых округов. На рисунке также показаны наблюдательные пункты с российской стороны.**

В настоящее время консолидация наборов пространственных данных в трансграничных речных бассейнах затруднена. Во всем мире данные имеют грубое разрешение, что ограничивает их использование. Сотрудничество должно способствовать разработке совместимых наборов пространственных данных. Классификации почвенных карт также различаются в обеих странах, и было бы неплохо согласовать классы почв, чтобы облегчить их использование. Что касается землепользования, то для повышения точности спутниковых наблюдений необходимо было бы составить карту различных видов землепользования с помощью полевых измерений на российской стороне. Например, было бы полезно составить карту лесосек.

Ecological Status, Rivers (FI)

- Good
- Good, Hevily modified
- Moderate
- Bad

Ecological Status, Lakes (FI)

- High
- Good
- Moderate
- Good, Heavily modified
- Poor, Heavily modified

Catchments

- Jänisjoki
- Tohmajoki
- Kiteenjoki
- Border
- Lakes
- Rivers

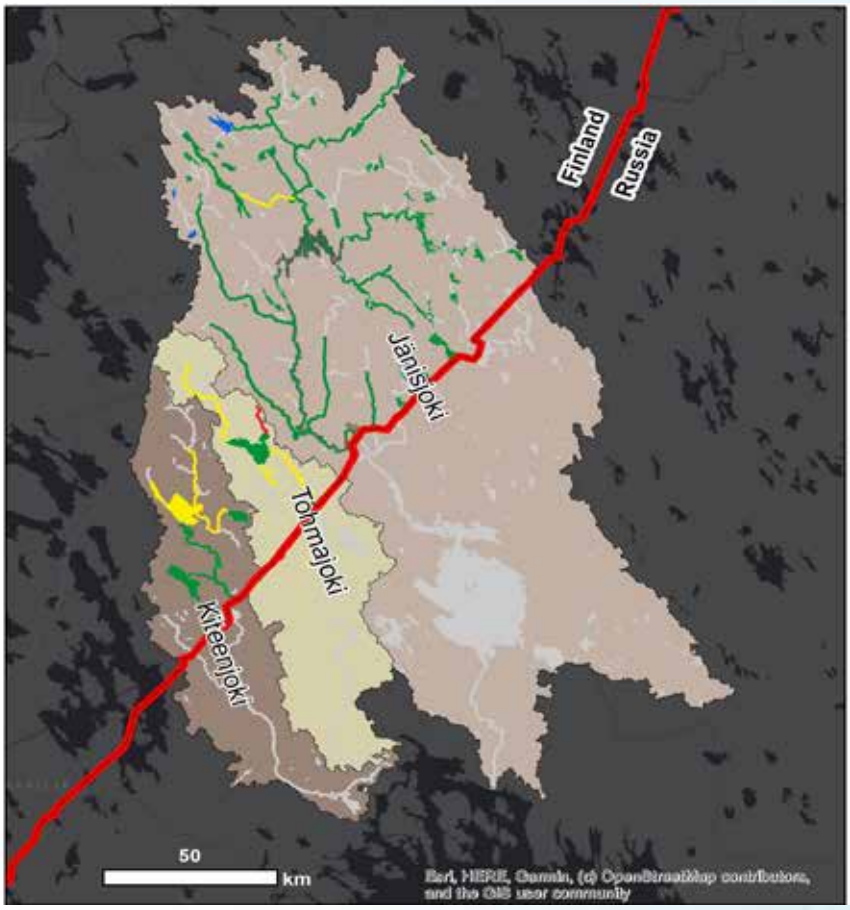


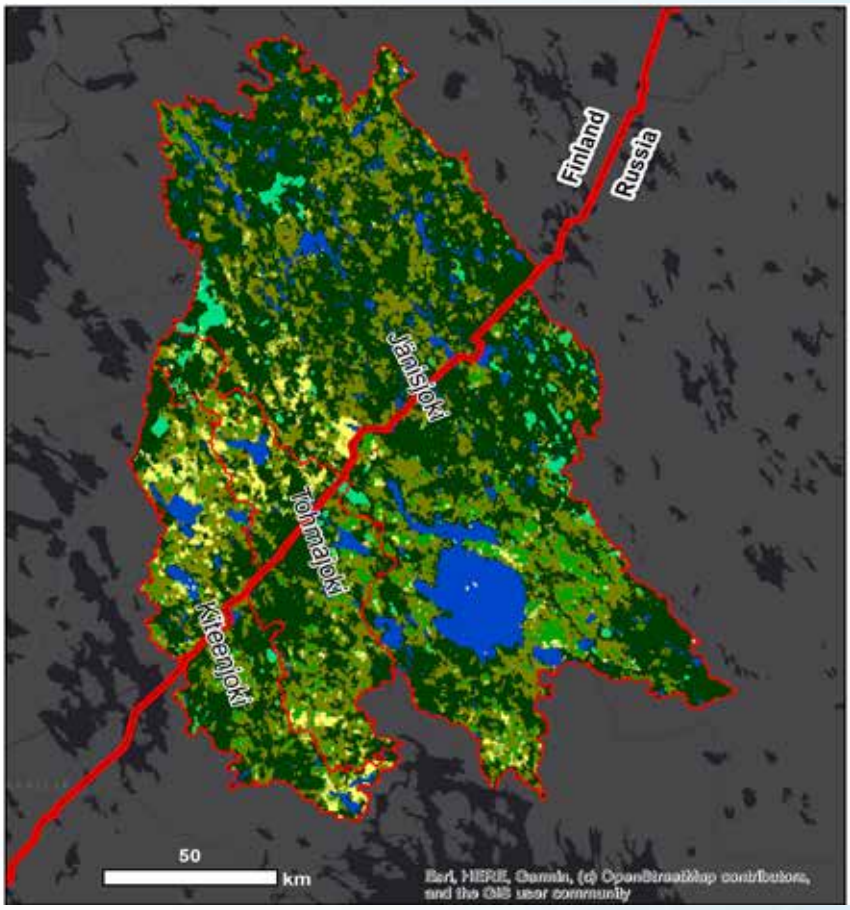
Рис. 36. **Экологическое состояние рек и озер на финской стороне**

Source

Ecological status: SYKE, ELY-centres, Luke
Lakes: SYKE, MML, OpenStreetMap contributors
Rivers, Catchments: SYKE
Border: SYKE, MML

Land Cover

- Cropland, rainfed
- Cropland, rainfed, herbaceous cover
- Mosaic cropland (>50%) / natural vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (<50%)
- Mosaic natural vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (>50%) / cropland (<50%)
- Tree cover, broadleaved, deciduous, closed to open (>15%)
- Tree cover, needleleaved, evergreen, closed to open (>15%)
- Tree cover, mixed leaf type (broadleaved and needleleaved)
- Mosaic tree and shrub (>50%) / herbaceous cover (<50%)
- Mosaic herbaceous cover (>50%) / tree and shrub (<50%)
- Shrubland
- Deciduous shrubland
- Grassland
- Sparse vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (<15%)
- Sparse shrub (<15%)
- Shrub or herbaceous cover, flooded, fresh/saline/brackish water
- Urban areas
- Bare areas
- Water bodies
- Border
- Catchments



Source

Land Cover: ESA Climate Change Initiative
- Land Cover led by UCLouvain (2018)
Catchments: SYKE
Border: SYKE, MML

Рис. 37. **Категории землепользования бассейнов трех трансграничных рек по обе стороны границы**

2 ПЛАНЫ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ

2.1 Территориальный охват и параметры

Окружающая среда подвергается все большему антропогенному воздействию. Одновременно растет потребность в качественной воде и ужесточается законодательство в части загрязнения окружающей среды. Политика современных государств по отношению к окружающей среде должна способствовать достижению целей сохранения, охраны и улучшения качества окружающей среды, бережного и рационального использования природных ресурсов. Необходима интеграция охраны и устойчивого управления водными ресурсами во все области экономики: энергетика, транспорт, сельское хозяйство, рыболовство и туризм. При планировании программ мероприятий необходимо учитывать различные условия и потребности использования природных ресурсов, а также региональные местные условия.

На территории Республики Карелия имеется значительное количество трансграничных российско-финских водных объектов, в том числе Саймо-Вуоксинского водосбора. Сведения о наиболее крупных водных объектах, располагающихся и на территории Карелии, и на сопредельной территории Финляндии, а также сведения о наличии на этих водных объектах пунктов государственной наблюдательной сети Росгидромета представлены в таблице.

№ п/п	Наименование водоема (водотока)	Территориальное расположение водоема/водотока		Сведения о наличии пункта ГСН и видах наблюдений
1	р. Оланга (Оуланкайоки, Оуланкаеки)	берет начало на территории Финляндии	впадает в Кумское вдхр (бас. р. Ковда)	отсутствует
2	р. Пистойоки	берет начало на территории Финляндии (оз. Мултиярви)	впадает в оз. Верхнее Куйто (бас. р. Кемь)	отсутствует
3	р. Войница – с. Войница	берет начало на территории Финляндии (оз. Ала)	впадает в оз. Кетоярви	гидрология
4	р. Тула (Лужма)	вытекает из оз. Тулос (бас. р. Лиекса)	впадает на территории Финляндии	отсутствует
5	р. Лендерка – пос. Лендеры	вытекает из оз. Сула (бас. р. Вуокса)	впадает в оз. Пиэлинен на территории Финляндии	гидрохимия и гидрология
6	р. Шаверко	вытекает из оз. Куслокса	впадает на территории Финляндии	отсутствует
7	оз. Виксинселькя	часть озера находится на территории Финляндии (бас.р. Вуокса)		отсутствует
8	р. Янисйоки – пос. Хямекоски	берет начало на территории Финляндии	впадает в оз. Ладожское	гидрология
9	р. Тохмайоки	берет начало на территории Финляндии	впадает в оз. Ладожское	отсутствует
10	р. Китенйоки	бас. оз. Ладожское		отсутствует

11	оз. Пюхяярви	большая часть озера находится на территории Финляндии (бас. р. Вуокса)		отсутствует
12	оз. Корпиярви	часть озера находится на территории Финляндии (бас. р. Вуокса)		отсутствует
13	оз. Тюрьянъярви	часть озера находится на территории Финляндии		отсутствует
14	р. Юуванйоки	берет начало из Юуванлампи, протекает на территории Финляндии и возвращается в Россию		гидрология гидрохимия
15	р. Асиланйоки (Хийтоланйоки, Кокколанйоки)	берет начало на территории Финляндии (оз. Симпелеярви)	впадает в оз. Ладожское	отсутствует

Последовательность развития мониторинга трансграничных водных объектов должна строиться с учетом перспективных планов развития территорий, а также уязвимости экосистем. Анализ Стратегии социально-экономического развития Республики Карелия до 2030 года позволяет сделать выводы о том, что наиболее активно будут развиваться территории Петрозаводско-Кондопожской агломерации, Приладожья и Костомукши. Таким образом, акцент развития мониторинга водных объектов следует сделать на водные объекты, расположенные на этих территориях: реки Янисйоки и Тохмайоки, Асиланйоки и Китенйоки.

Реки Оланга, Войница, Пистойоки, Шаверка протекают на малонаселенных территориях со слабо развитой инфраструктурой. Отсутствие промышленный предприятий и сельскохозяйственного производства минимизируют риски загрязнения водных объектов на территории Республики Карелия и мониторинг этих рек можно вести с целью фонового контроля. Трансграничные водоемы в этом отношении еще менее подвержены антропогенному воздействию со стороны РФ, поскольку доступ на них ограничен.

Приграничные территории Костомукшского городского округа являются перспективными зонами развития горнодобывающей промышленности и, как следствие, ведение экологического мониторинга воздушного пространства может стать наиболее востребованным направлением развития международного сотрудничества в этом регионе.

В Финляндии национальные руководящие принципы мониторинга качества воды соблюдаются в регионе Северной Карелии. Сеть мониторинга состоит из рек и озер и собирает информацию о долгосрочных изменениях качества воды для водных объектов различных размеров и различных по своей сути типов. Наблюдательные пункты системы государственного мониторинга расположены в районах, которые непосредственно не подвержены загрязнению, таких как промышленные или муниципальные очистные сооружения. Мониторинг включает в себя широкий спектр как гидрохимических (физико-химических) переменных, так и биологических переменных, таких как фитопланктон, водные растения, донная фауна и рыба. Частота отбора проб по гидрохимическим переменным колеблется в течение года от 2-х до более чем 12 наблюдений в зависимости от изменчивости качества воды водоема. Отбор проб проводится в разных местах по графику, что означает, что неко-

торые районы контролируются ежегодно, а некоторые–каждые три-шесть лет. Некоторые участки контролируются еще реже, если предполагается, что качество воды остается неизменным. Водохозяйственные власти разрабатывают все национальные программы мониторинга, но в настоящее время отбор проб и анализ проб был передан на аутсорсинг и осуществляется консалтинговыми фирмами.

Воздействие загрязняющей деятельности контролируется посредством обязательного мониторинга, который оплачивается оператором (например, компанией или муниципалитетом). Это также называется локальным контролем загрязнения, который включает в себя мониторинг загрязняющих сбросов (качество и количество) и наблюдения в принимающем водном объекте. Программа мониторинга воды (места наблюдений, переменные, время отбора проб и т.д.) зависит от нагрузки и принимающего водоема. Программа мониторинга обычно разрабатывается консультантом и должна быть одобрена водохозяйственными органами. Мониторинг обязательств осуществляется консультационной фирмой или ассоциацией по охране водных ресурсов с соответствующими объектами.

Как при государственном, так и при обязательном мониторинге международные стандарты применяются при отборе проб и лабораторном анализе. Персонал по отбору проб обучен, и в основном, сертифицирован, что означает, что говорит о способности правильно отбирать пробы. Лаборатории аккредитованы финской службой аккредитации FINAS. Аккредитация или признание компетентности третьей стороной – это процедура, основанная на международных критериях.

Гидрологические водосборные площади были разграничены, а землепользование нанесено на карту, так что можно рассчитать распределение водной нагрузки по различным типам землепользования, таким как сельское хозяйство и лесное хозяйство. Это позволяет правильно планировать водоохранные мероприятия.

Дистанционные измерения оказались подходящим методом для изучения пространственных и временных изменений качества воды. Однако существует ряд ограничений, которые требуют тщательного рассмотрения до внедрения этих методов. Разработанные модели по данным дистанционного мониторинга требуют адекватной калибровки и валидации с использованием измерений на месте и могут быть использованы только при отсутствии облаков в случае оптических датчиков. Пространственные, временные и касающиеся спектрального разрешения ограничения многих современных оптических датчиков могут ограничить применение данных дистанционного мониторинга для оценки качества воды.

В будущем использование данных дистанционного мониторинга будет более распространено, и в целом следует поощрять использование различных типов данных. Это означает, например, ассимиляцию данных дистанционного зондирования, традиционных данных, данных непрерывного наблюдения за качеством воды и наблюдений граждан. Кроме того, это требует продвижения новых методов интеграции и эффективных и открытых систем данных, а также хорошего сотрудничества между различными субъектами.

Общенациональная сеть станций непрерывного контроля качества воды будет иметь много преимуществ. Финляндия уже является крупным игроком в использовании непрерывных измерений качества воды, поэтому создание национальной сети является следующим естественным шагом в этом развитии. Новые станции должны быть созданы в трех различных водных средах: реках, озерах и на прибрежных станциях.

2.2 Системы поддержки при онлайн мониторинге

SYKE

Хотя измерительная система является так называемым автоматическим онлайн мониторингом, она всегда нуждается в техническом обслуживании на месте. Например, в очистке, а также в обеспечении электроснабжения станции. Вместе с техническим обслуживанием проверяется общее состояние станции и навесного оборудования измерительного оборудования, а также производится очистка оборудования. Датчики всегда очищаются в соответствии с их типом.

Оптические измерительные приборы всегда нуждаются в техническом обслуживании, даже если они имеют автоматический метод очистки. На рынке существуют различные автоматические методы очистки, наиболее распространенными из которых в настоящее время являются очистка сжатым воздухом *(Рис. 38)* и различными механическими щетками и дворниками. Во время технического обслуживания баллоны со сжатым воздухом или компрессоры, клапаны и трубопроводы, а также оборудование для механической очистки, используемое в дополнение к очистке сжатым воздухом, проверяются, обслуживаются и заменяются при необходимости. Кроме того, могут быть применены химические методы обработки для защиты от обрастания и поддержания чистоты датчиков оборудования и оптических окон. Этот метод может продлить интервал технического обслуживания, но не отменяет его необходимости.

Интервал технического обслуживания оптических приборов во многом зависит от измеряемой водной среды и времени года. Оборудование становится более чувствительным к загрязнению в теплой воде в течение вегетационного периода, чем в холодное время года. Поэтому зимой потребность в техническом обслуживании обычно ниже. После очистки прибора результаты всегда должны контролироваться на предмет любых изменений уровня измерения, вызванных очисткой. Если очистка влияет на результаты, то обычно это признак слишком длинного интервала технического обслуживания.

Техническое обслуживание устройства является очень важной частью успешного автоматического он-лайн мониторинга, в него необходимо инвестировать. Результаты измерений также должны регулярно проходить контроль качества, в некоторых случаях даже ежедневно, чтобы немедленно заметить любые проблемные ситуации на приборах (*Рис. 39*). Лицо, ответственное за обеспечение качества, должно обладать знаниями о поведении измеряемых переменных в различных водных средах

Рис. 38. **Это устройство использует метод автоматической очистки воздухом под давлением перед каждым измерением. Видно, что сам прибор не очищен, но оптическое окно чистое (слева). На фотографии справа устройство очищено полностью.**

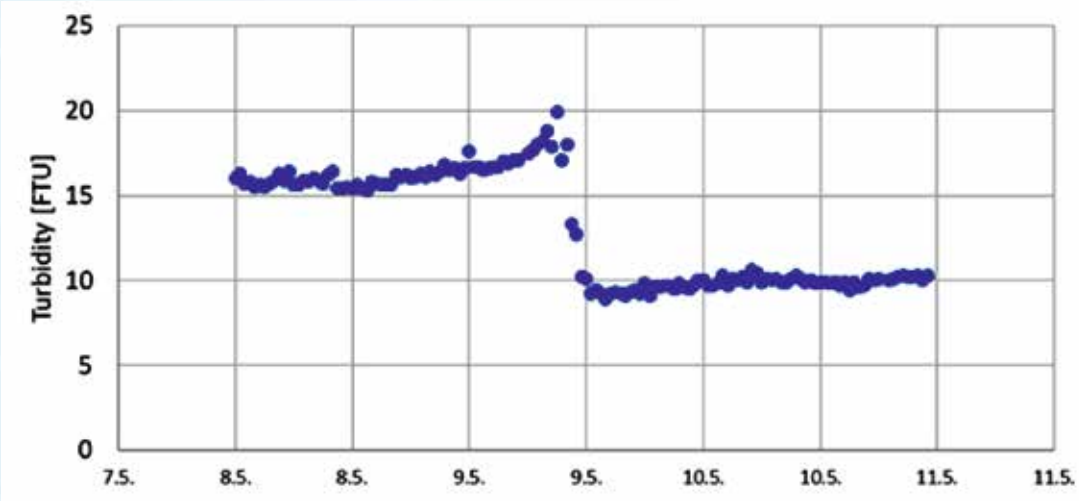


Рис 39. **Пример грязной оптической линзы. Уровень мутности растет и резко падает после техобслуживания (9.5).**

и в различных водных ситуациях, таких как межень и паводки.

В ближайшем будущем масштаб непрерывных измерений качества воды будет увеличиваться, но их использование будет планироваться более детально, чем сегодня. Теперь, когда доступно больше измерений, их преимущества можно рассматривать более надежно. Вполне вероятно, что, например, более частого отбора проб воды в некоторых случаях будет достаточно для уточнения нагрузки питательных веществ. С другой стороны, например, эффективность метода защиты воды может быть лучше оценена при непрерывном мониторинге.

При разработке моделей вымывания питательных веществ, безусловно, больше будут использоваться онлайновые устройства. Они позволяют существенно улучшить описания процессов в моделях. Что касается собственно технического обслуживания, то опытно-конструкторские работы, безусловно, продолжатся, но и полностью избавиться от ручного обслуживания в будущем мы вряд ли сможем.

Более подробную информацию по техническому обслуживанию и обеспечению качества можно найти в руководстве по качеству, переведенном на русский язык (Tattari et al. 2019)

КЦГМС

Значительная доля загрязняющих веществ поступает в водные объекты с водосборов в составе рассредоточенного (диффузного) стока. В связи с этим необходима разработка методов оценки объемов и степени негативного влияния рассредоточенного стока с хозяйственно освоенных территорий. Касаясь речных бассейнов, где водопользование имеет трансграничное значение, необходимо производить анализ характеристик речного бассейна и возможного антропогенного воздействия на речной бассейн в целом.

Поскольку современный уровень технологического развития систем автоматического мониторинга не позволяет осуществлять контроль большого количества параметров, выделение приоритетных составляющих мониторинга должно основываться на принципе предотвращения, полагающемся, в частности, на определении любых потенциально вредных последствий и на научно обоснованной оценке риска. Для подготовки предложений, содержащих перечень контролируемых ингредиентов, необходимо провести анализ широкораспространенн загрязнителей окружающей среды, отдельно по каждому бассейну, а также веществ, вызывающих озабоченность.

Для обеспечения последовательного подхода важным шагом является установление критериев для оценки состояния воды, а также стандартизации методов мониторинга, отбора проб.

Создание и развитие государственных информационных систем, обеспечивающих органы государственной власти и население сведениями о состоянии окружающей среды и об источниках негативного воздействия на нее, является приоритетным стратегическим направлением в реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности РФ. Разработанное в рамках реализации проекта специализированное программное обеспечение может стать основой для дальнейшего развития и цифровизации материалов наблюдений. Проведенная глубокая модернизация официального сайта Карельского ЦГМС позволяет представлять данные мониторинга в режиме реального времени и в перспективе может стать площадкой для представления данных со всех новых наблюдательных пунктов.

2.3 Рекомендации по мониторингу качества воды и воздуха

Финляндия – активный член многих экологических организаций и ведет активную деятельность в природоохранной сфере. Полученные в ходе реализации проекта сведения о системе ведения мониторинга были использованы при подготовке территориальной системы мониторинга Республики Карелия, разрабатываемой Карельским ЦГМС по заданию Министерства природных ресурсов и экологии Республики Карелия в 2020 году. Однако для обеспечения хорошего качества воды и воздуха на приграничных территориях требуется координация усилий стран-соседей, что возможно организовать только рамках международного сотрудничества.

В качестве направлений дальнейшего развития на территории Республики Карелия команда SYKE предлагает следующее:

- более точное разграничение гидрологических водосборов, особенно трансграничных водосборов
- улучшение данных о землепользовании
- доли землепользования в водосборной площади выше наблюдательного пункта (сельское хозяйство, лес, болота, точечные нагрузки)
- картографирование и мониторинг качества воды в природных или околоприродных зонах с целью оценки воздействия деятельности человека на загрязненные водные объекты
- переоценить цель мониторинга
- проверить правильность расположения наблюдательных пунктов
- оценка диапазона переменных, подлежащих мониторингу
- рассмотреть возможность ротации объектов мониторинга в некоторых районах
- изучить возможность включения биологических переменных в мониторинг;
- рассмотреть возможность включения продуктов дистанционного зондирования в мониторинг состояния воды
- обновление программы мониторинга;
- испытание устройства непрерывного измерения качества воды по обе стороны границы
- принять участие в квалификационных тестах, проводимых референс-лабораторией SYKE
- в целом, непрерывный анализ результатов и реагирование на изменения