



ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

А.А. КАЛЕНЧУК-ПОРХАНОВА, В.Г. ТУЛЬЧИНСКИЙ

УДК 004.4, 004.65, 004.7, 502

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В СООТВЕТСТВИИ С КОНЦЕПЦИЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ

Аннотация. Рассматриваются научные основы разработки и внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) в СССР и приводятся результаты работ Института кибернетики имени В.М. Глушкова Национальной Академии наук Украины по созданию и внедрению АСУ экологического мониторинга согласно принципам устойчивого развития общества.

Ключевые слова: автоматизированные системы, автоматизированные системы управления, экологический мониторинг, устойчивое развитие.

ВВЕДЕНИЕ

Научные основы разработки и внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) в СССР были обеспечены предложенными в 1960-е годы В.М. Глушковым десятью принципами создания и функционирования АСУ. На их основе были разработаны первые промышленные системы управления «Львов» и «Гальваник», внедренные в производственные процессы. В этот период многие промышленные АСУ были созданы в Советском Союзе. Среди них АСУ Министерства радиопромышленности имела особое значение. Ее главным конструктором был А.И. Китов, а В.М. Глушков был научным руководителем. Эта АСУ была выбрана правительством в качестве модели для всех девяти отраслей военно-промышленного комплекса. Иерархические многоуровневые проблемно-ориентированные системы для решения экологических проблем в соответствии с Концепцией устойчивого развития Земли стали важным направлением дальнейшего развития АСУ в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова. Значительные результаты по методам математического моделирования и моделирования процессов в сложных системах были получены в институте, начиная с решения задач моделирования водных объектов, поставленных перед учеными непосредственно после Чернобыльской аварии. Разработанные модели создали основу для первой в Украине автоматизированной системы имитационного моделирования водных объектов (СИМВО). Следующий этап развития направления начался с первой в Украине стандартной региональной автоматизированной системы экологического мониторинга (СЭМ), внедренной в Киеве в начале 2000-х годов. Обе системы не имели аналогов. В настоящее время в рамках украинской части проекта ERA-PLANET «Горизонт-2020» разрабатывается АСУ экологического характера, которая объединяет национальные и международные цели достижения устойчивого развития общества и увеличивает вклад Европы в Глобальную систему наблюдения Земли (Global Earth Observation System of Systems, GEOSS).

© А.А. Каленчук-Порханова, В.Г. Тульчинский, 2021

1. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУ

В Институте кибернетики (ИК) Академии наук Украины с начала 1960-х годов под руководством академика В.М. Глушкова проводились работы по автоматизации научных исследований и испытаний сложных объектов, по созданию автоматизированных проблемно-ориентированных лабораторий (АПОЛ), по автоматизации проектирования ЭВМ. Создание в 1961 году первой советской ЭВМ широкого назначения для управления различными технологическими процессами «Днепр-2» с устройством связи с объектом (УСО) положило начало создания автоматизированных систем управления в народном хозяйстве СССР [1–4].

Наличие УСО в ЭВМ «Днепр-2» позволило впервые осуществить удаленную связь с академическими институтами Украины (прототип региональной сети). Оно использовалось также на Днепровском металлургическом заводе для внедрения впервые в Европе дистанционного управления бессемеровским технологическим процессом. Многие годы ЭВМ «Днепр-2» использовалась для автоматизации управления технологическими процессами на сотнях предприятий, а также как бортовая в оборонной промышленности. Во время космического полета «Союз-Аполлон» две машины «Днепр» управляли изображением на большом экране советского Центра управления полетом.

Успешному выполнению этих работ способствовало также определение Института кибернетики головным во Всесоюзной целевой программе по автоматизации научных исследований испытаний сложных объектов и автоматизации проектно-конструкторских работ.

Этим работам также предшествовали два важных достижения. Во-первых, Малая электронная счетная машина (МЭСМ) «неймановского» типа (с хранимой в памяти программой), разработанная группой ученых из Киевского института электротехники Академии наук УССР под руководством С.А. Лебедева, которая после года опытной эксплуатации на примерах решения задач была представлена 6 ноября 1950 года. После первой в мире ЭВМ «неймановского» типа ЭДСАК (EDSAC), разработанной в Англии Морисом Уилксом и сданной в эксплуатацию 6 мая 1949 года, МЭСМ стала одной из первых в мире «неймановских» ЭВМ, разработанных до середины 50-х годов, и первой в мире ЭВМ с арифметическим устройством параллельного действия, что значительно увеличивало ее быстродействие [5, 6]. Во-вторых, первые в СССР научные публикации А.И. Китова, А.А. Ляпунова, С.И. Соболева и других по кибернетике [7–9] и по вычислительной технике [10] объяснили их содержание и значение советскому руководству и общественности и сыграли важную роль в преодолении принятой в стране в 50-е годы официальной трактовки кибернетики как буржуазной науки. Письменное обращение в 1959 г. А.И. Китова, в то время руководителя Вычислительного центра Министерства обороны СССР, в ЦК КПСС о необходимости развития вычислительной техники возымело действие на принятие Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР об ускорении и увеличении производства вычислительных машин и их внедрении в народное хозяйство. В то же время А.И. Китов подготовил доклад («Красная книга») для ЦК КПСС с обоснованием целесообразности создания общегосударственной автоматизированной системы управления для вооруженных сил и народного хозяйства на основе Единой государственной сети вычислительных центров (ЕГСВЦ), идея которой не получила признания руководства страны, однако наряду с публикациями [11–14] «Красная книга» оказала большое влияние на дальнейшее развитие этого направления работ.

Публикации В.М. Глушкова о роли вычислительной техники и кибернетики в автоматизации производственных процессов [15] и особенно разработанные им десять основных принципов построения и функционирования АСУ [16] создали

научную основу внедрения вычислительной техники и экономико-математических методов в народное хозяйство страны. Массовому созданию и внедрению первых в Советском Союзе АСУ способствовало назначение в 1963 г. академика В.М. Глушкова председателем Межведомственного научного совета по этому направлению работ при Госкомитете по науке и технике.

В начале 60-х годов был предложен проект создания Общегосударственной автоматизированной системы управления экономикой страны (ОГАС). В ней предлагались электронный документооборот («безбумажная экономика»), система электронных расчетов («безденежная экономика») и распределенная многоуровневая сеть компьютерных центров. Система ОГАС имела особое значение, так как она фактически предвосхищала будущую американскую систему ARPANET [17].

После того как ОГАС не была принята к реализации в общегосударственном масштабе (запрос на ее финансирование был отклонен в 1970 г.), начались активные работы по созданию АСУ производственными процессами (АСУПП) на предприятиях различных отраслей и ведомств народного хозяйства, а также военно-промышленного комплекса (ВПК). Первые АСУПП были созданы и внедрены на предприятиях с массовым производством «Львов» и «Гальваник» на базе львовского телевизионного завода «Электрон» и киевского завода «Арсенал» [18].

За период 60-х и 70-х годов было создано большое количество отраслевых АСУ, в том числе отраслевая автоматизированная система управления (ОАСУ) Министерства радиопромышленности СССР. Она была определена руководством страны как типовая для создания АСУ во всех девяти отраслях ВПК. Главным конструктором этой АСУ был А.И. Китов, а научным руководителем работ по ее созданию — В.М. Глушков. Под руководством А.И. Китова была также создана типовая АСУ «Здравоохранение», которая широко использовалась во всех отраслях этого ведомства. Огромная работа по созданию АСУПП выполнялась многими ведущими учеными бывшего Советского Союза, руководителями и представителями различных отраслей и ведомств.

Фундаментальные работы В.М. Глушкова по теории и практике планирования и управления функционированием сложных процессов [19, 20], а также работы по созданию и развитию методов непрерывной и дискретной оптимизации [21, 22], по созданию иерархических многоуровневых проблемно-ориентированных систем [23] и по распараллеливанию процесса вычислений при решении некоторых классов задач [24] предопределили очередной этап развития АСУ и стали основой для решения экологических проблем.

Многие годы развитие общества осуществлялось с учетом приоритета его экономического уровня без учета важности экологического фактора, и это стало причиной значительного увеличения техногенного воздействия на окружающую природную среду и привело к угрожающим негативным последствиям. Осознание этих глобальных последствий привело к принятию Организацией Объединенных Наций Концепции устойчивого развития. В 1992 г. Конференция ООН по окружающей среде и развитию приняла Хартию Земли, которая очертила задачи создания в XXI столетии справедливого, устойчивого и мирного глобального сообщества. Ее частью стал план действий «План 21», направленных на изменение экономических приоритетов с привлечением межотраслевой координации, с участием общественности и внедрением экологических и социальных факторов во все процессы принятия решений по устойчивому развитию. Исходя из этого возникла необходимость создания кроме АСУ в экономике автоматизированных систем экологического мониторинга.

В Институте кибернетики традиционно ведутся работы по широкому спектру научных проблем оценивания рисков экологических и техногенных катастроф

и прогнозирования мер по ликвидации их последствий на основе системного подхода к разработке методов математического и имитационного моделирования процессов в сложных системах.

Первые работы по моделированию гидродинамических состояний водных объектов начались в ИК непосредственно после аварии на Чернобыльской АЭС. Они стали основой для создания первой автоматизированной Системы имитационного моделирования водных объектов (СИМВО) [25, 26]. Цель этих работ — получение комплексных оценок экологических состояний конкретных водоемов и водотоков на основе системного подхода к разработке методов математического и имитационного моделирования с использованием аппаратно-программных комплексов автоматизации этих исследований. Позднее, в 2003 г. в Институте кибернетики была также создана и внедрена первая в Украине типовая региональная автоматизированная система экологического мониторинга (СЭМ) города Киева. Эти системы, не имеющие аналогов в Украине, созданы с учетом основных принципов построения АСУ согласно свойствам автоматизированных иерархических систем и в соответствии с принципами Концепции устойчивого развития общества.

В настоящее время ИК принимает участие в реализации целевой академической программы ERA-PLANET/UA, которая направлена на выполнение украинской части проекта ERA-PLANET [27] в рамках Европейской исследовательской программы «Горизонт-2020». ERA-PLANET/UA объединяет усилия шести институтов НАН Украины и неакадемических организаций под общим руководством Института космических исследований НАН Украины и Государственного космического агентства Украины в целях разработки новой интегрированной системы открытых данных для мониторинга состояния окружающей среды, моделирования и поддержки принятия решений как части Европейского исследовательского пространства (ERA). Запланированные исследования являются вкладом Европы в создаваемую Глобальную систему наблюдений за планетой Земля GEOSS и сочетают национальные и международные задачи по достижению целей устойчивого развития.

Ниже приводятся описания систем СИМВО Украины, СЭМ Киева и проекта ERA-PLANET с целью показать, как общие принципы построения АСУ для комплексного мониторинга окружающей среды трансформировались в течение долгого времени.

2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

2.1. Автоматизированная система имитационного моделирования водных объектов. В рамках работ по ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы в Институте кибернетики были разработаны модели и проведены расчеты послонных токовых состояний при различных гидрометеорологических условиях для Киевского водохранилища. Их результаты незамедлительно передавались в центральные партийные органы Украины и Союза и сыграли первостепенную роль для принятия первых оперативных решений. Аналогичные работы были затем выполнены для всего каскада Днепровских водохранилищ. Кроме этого, были разработаны модели для проведения комплексного имитационного моделирования водных объектов. Полученные результаты расчетов по интегральной циркуляции вод в виде информационных массивов, карт и диаграмм передавались руководству для принятия оперативных решений по ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы. Созданные на их основе архивы данных переданы в Институт гидробиологии НАН Украины и в соответствующие министерства и ведомства для использования в работах по оценкам

качества воды, биопродуктивности водоемов и для прогнозирования их гидро-биологических показателей.

Аналогичные работы были выполнены для Сасыкского водохранилища, водоема-охладителя Криворожской ГРЭС и всех лиманов северо-западного Причерноморья. Разработанные модели послойных токовых состояний использовались также при моделировании процессов распреснения лиманов Днестровского, Тилигульского, Березанского, Днепро-Бугского в зависимости от различных гидрометеорологических условий. Для них были проведены расчеты для более 1000 вариантов значений токовых состояний на разных глубинных горизонтах при различных направлениях и скоростях ветра. Это позволяет прогнозировать значения интегральной циркуляции воды, направления течений и водообмена в зависимости от направления и силы ветра и получать динамические характеристики лиманов.

Графическая компьютерная обработка результатов в виде рисунков, диаграмм, векторов направлений ветра с указанием масштаба сетки проводилась с использованием разработанной в Ленинграде в Институте социально-экономических проблем (ИСЭП) специализированной диалоговой системы.

Эти работы стали началом реализации Комплексной республиканской научной программы «Экономико-экологические проблемы создания водохозяйственного комплекса Дунай–Днепр на 1986–1990 годы», которую впоследствии отменили.

Разработанный в ИК комплекс моделей стал основой для создания проблемно-ориентированных подсистем моделирования состояний водных объектов системы СИМВО для имитационного моделирования водных объектов. В состав СИМВО включены четыре подсистемы:

- WODA для моделирования изменений кислородного режима в водотоках;
- FEFLOW для моделирования процессов в подземных водоносных горизонтах;
- STREAM для моделирования переноса загрязнений в водотоках;
- ПОТОК для моделирования стационарных стоково-ветровых течений в водоемах «мелкой» воды на отдельных глубинных горизонтах.

В СИМВО также включен комплекс оптимальных по точности алгоритмов и программ обработки, сжатия и восстановления с гарантированной точностью массивов данных с использованием аппарата наилучшей чебышевской аппроксимации (APPROXIMATION). Это инвариантный компонент, входящий во все перечисленные подсистемы [28].

Актуальность и новизна СИМВО заключается в том, что модели всех входящих в нее подсистем впервые разработаны в Институте кибернетики и сориентированы именно на водные объекты Украины. Структурно СИМВО является «открытой» системой. В дальнейшем планируется пополнение ее новыми моделями и включение в состав базового прикладного программного обеспечения кластерного комплекса СКИТ [29]. Более подробное описание функционирования СИМВО содержится в [30].

Использование СИМВО сыграло решающую роль для оценки реальных ситуаций, связанных с Чернобыльской катастрофой, и для принятия мер в рамках работ по ликвидации ее последствий.

2.2. Автоматизированная СЭМ города Киева. Особенность первой автоматизированной Системы экологического мониторинга (СЭМ) Киева заключается в том, что при ее создании были учтены все десять основных принципов построения АСУ [16], основные свойства и рекомендации функционирования многоуровневых иерархических проблемно-ориентированных систем [23]

и реализован основной принцип приоритетности экологического фактора согласно Концепции устойчивого развития общества.

Для создания СЭМ в 2003 г. было разработано впервые в Украине Техническое задание на автоматизированную систему, согласно которому СЭМ является типовой автоматизированной иерархической (двухурвневой) системой экологического мониторинга. Ее иерархическая архитектура соответствует рекомендациям работы [23], а ее региональная (межотраслевая) природа соответствует требованиям «Плана 21». Структурной основой СЭМ согласно [16] является территориально-распределенная радиальная компьютерная сеть проблемно-ориентированных комплексов контроля (ПОКК), Центра оперативного мониторинга (ЦОМ) и организаций-пользователей системы со своими локальными компьютерными сетями, а также каналы связи между ПОКК и ЦОМ, между ЦОМ и организациями-пользователями. Реализованный в ней системный подход предусматривает информационную совместимость структур данных от разных объектов мониторинга и возможность прогнозных оценок комплексного состояния окружающей среды. В СЭМ города Киева также включен комплекс аппаратно-программных средств обработки данных на основе аппарата наилучшего чебышевского приближения.

СЭМ разрабатывалась как типовая региональная система. Выбор Киева как места реализации ее первого этапа обоснован наличием в городе факторов повышенной экологической опасности (техногенное загрязнение атмосферного воздуха, экосистем «почва–вода–растительность», опасные геологические процессы и др.), а также тем, что Киев как столица Украины является наиболее подготовленным регионом для перехода на путь устойчивого развития.

Актуальность создания СЭМ обусловлена тем, что основные проблемы устойчивого развития государства проявляются и решаются на уровне регионов, на общее экологическое состояние которых значительно влияют негативные техногенные воздействия мегаполисов, являющихся важнейшими источниками экологического риска (одновременно сильными и возрастающими). Высокую степень экологической опасности в городе включают промышленное загрязнение воздуха вдоль автомагистралей и жилых зон, истощение почвенно-водных и растительных экосистем и опасные геологические процессы (эрозия, наводнения, оползни и т.д.).

Базовый информационно-технический ресурс СЭМ Киева включает кроме аппаратных средств автоматизированного сбора, обработки, накопления, отображения и передачи данных также измерительные средства, локальные сети автоматизированных рабочих мест (АРМ), системное и информационное программное обеспечение (ПО), сетевые протоколы, интеллектуализированное прикладное ПО обработки и сжатия массивов, информации математического моделирования состояния окружающей среды и общесистемное ПО формирования и ведения единой базы данных (БД) СЭМ и проблемно-ориентированных БД отдельных ПОКК с обеспечением совместимости структур данных этих БД.

Результаты работы СЭМ Киева неоднократно демонстрировались на выставках различного уровня, в частности на ежегодных выставках-форумах «Довкілля-2004» — «Довкілля-2012», на Общеввропейском саммите по экологии, были отмечены дипломами и получили положительные оценки специалистов.

В 2013 г. СЭМ Киева была положена в основу Программы НАН Украины по разработке Автоматизированной системы комплексного экологического мониторинга (АСКЭМ). Программа была разработана под руководством ИК вместе с учеными из других академических институтов и специалистами из многих организаций. АСКЭМ была предложена в качестве типового регионального компонента Единой национальной системы мониторинга. К сожалению, финансирование Программы не началось.

2.3. Интероперабельная система «умного города» в составе инфраструктуры ERA-PLANET-UA. Проект ERA-PLANET в рамках Европейской программы «Горизонт-2020» посвящен реализации принципов Европейского исследовательского пространства (ERA) в сфере исследований Земли в целях усиления роли Европы в Группе наблюдений за Землей (GEO) и программе Copernicus. Участниками проекта являются 35 исследовательских центров из 15 стран Европы. Проект объединяет рабочие пакеты по четырем кластерам:

— в кластере «Умные города и устойчивые общества» — пакет SMURBS: обоснованные решения для города относительно качества воздуха, борьбы со стихийными бедствиями и роста города;

— в кластере «Эффективность использования ресурсов и управление окружающей средой» — пакет GEO-Essential: основные процессы и переменные для эффективного использования ресурсов и управления экологией;

— в кластере «Глобальные изменения и экологические соглашения» — пакет iGOSP: интегрированные глобальные системы наблюдений за стойкими загрязнителями;

— в кластере «Полярные области и природные ресурсы» — пакет iCUPE: обобщенное и всестороннее понимание окружающей среды полярных областей.

Украина принимает участие в первых трех рабочих пакетах [31, 32], а Институт кибернетики участвует в работах по SMURBS. Цель рабочего пакета SMURBS – интеграция данных от локальных пунктов контроля, интеллектуальных сенсоров, спутников, систем моделирования, Интернет-источников открытых данных и отдельных наблюдателей для информирования целевых рабочих групп, лиц, принимающих решения, и обычных граждан. Целью пакета является также координация через общие данные национальных и региональных программ экологического мониторинга городов по трем основным направлениям: рост города, качество воздуха, борьба с экологическими бедствиями (в том числе торфяными пожарами, возгораниями свалок, техногенными катастрофами).

Относительно роста городов задача SMURBS состоит в разработке на основе методов машинного обучения и картопостроения технологии для расчета и ежегодного обновления карт Urban Atlas [33] для всех больших городов на основе бесплатных данных многоканального зондирования от спутников (таких как Landsat-8 [34], Radarsat-2 [35], Terra и Aqua MODIS [36], Sentinel-1A и других спутников Copernicus [37], спутников A/B/C серии MetOp [38], Suomi NPP [39], Aura [40]), бесплатных карт дорожной сети с прилегающей застройкой (Open Street Map [41]), уровня заселенности (GHSL [42]), систем мониторинга состояния атмосферы (CAMS [43]) и др. В настоящее время Urban Atlas представляет данные только по городам ЕС с населением свыше 100 тыс. человек.

Относительно качества воздуха пакет SMURBS должен рассчитывать аналогичные карты загрязненности на основе спутниковых данных, наземного мониторинга загрязнения воздуха «крупными частицами» пыли (PM_{10} — до 10 микрон) от дорог и промышленных предприятий и «мелкими частицами» ($PM_{2,5}$ — до 2,5 микрон) от дыма и т.п., анализа химического состава воздуха в стационарных и мобильных пунктах контроля с использованием данных Всемирного индекса качества воздуха (WAQI [44]) и косвенных данных анализа состояния растений, водоемов, а также массовых медицинских обследований населения.

Относительно борьбы с экологическими бедствиями задачи SMURBS: обнаружение источников пожаров по температурным данным от спутников, обобщение оценок состава и плотности примесей, прогнозирование загрязнения с учетом спутниковых данных о температуре, облачности, силе и направлении ветров, метеорологических сводок и прогнозов, аэродинамического моделирования.

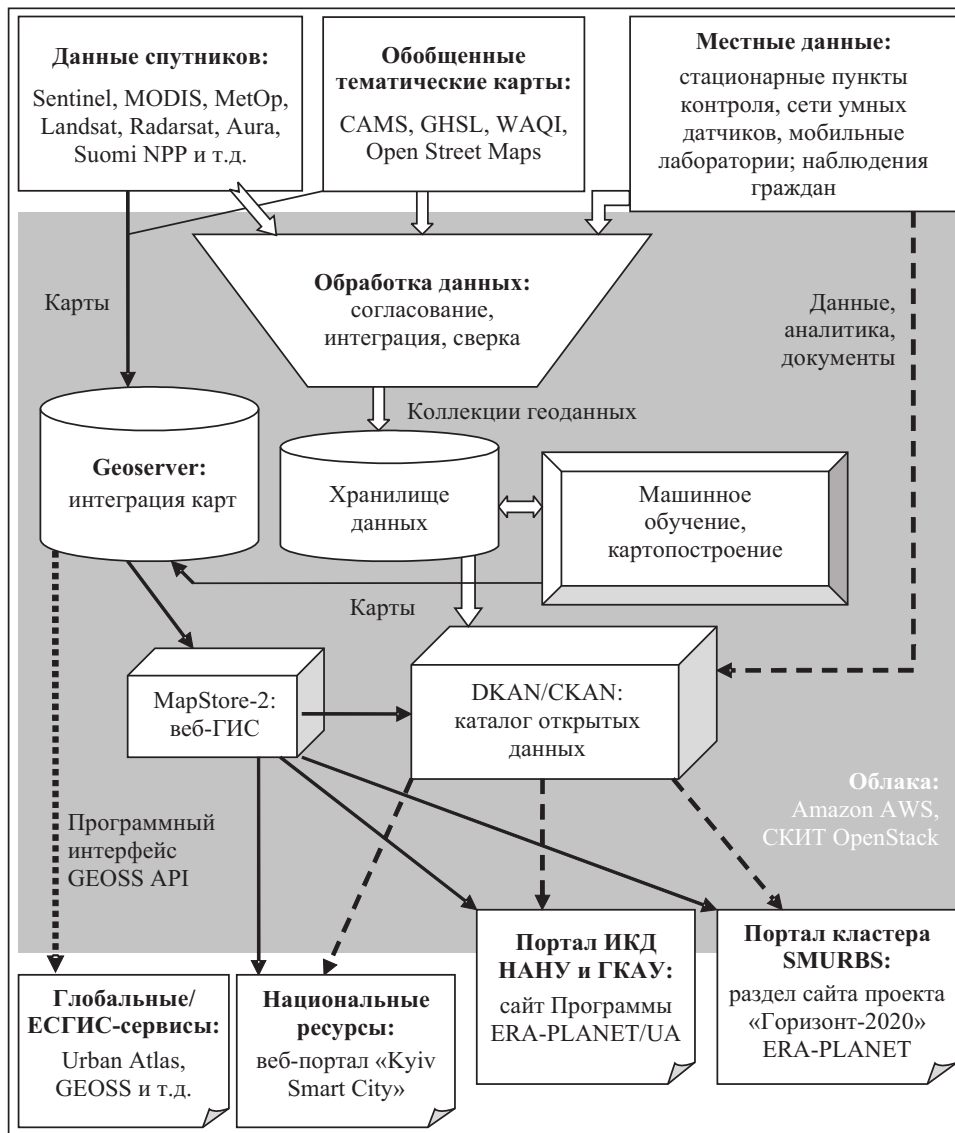


Рис. 1. Архитектура подсистемы ERA-PLANET/UA кластера SMURBS

Решение таких сложных комплексных проблем ставит перед информационной системой трудные задачи интеграции данных разного происхождения и природы, разных форматов, масштабов и систем координат с обеспечением двусторонней интероперабельности (т.е. открытости для легкой интеграции с существующими и будущими источниками данных и информационными системами) [45]. Аналогичные задачи уже решались в ИК в рамках АСУ, включая СИМВО и СЭМ. Особенностью новой системы является реализация европейских принципов открытых данных для результатов исследований. К настоящему времени в Институте кибернетики реализована окончательная версия рабочего прототипа системы для картографической информации и два варианта прототипов для информации общего вида (семантические справочники, информационные панели), выбор между которыми еще предстоит сделать. Общая архитектура подсистемы ERA-PLANET/UA кластера SMURBS представлена на рис. 1. В этом направлении работы продолжают.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большой опыт Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины по созданию и внедрению АСУ, наличие мощного вычислительного комплекса с кластерной архитектурой СКИТ обеспечивают Институту статус базовой организации для дальнейшего развития работ по созданию автоматизированных региональных экологических систем в соответствии с Концепцией устойчивого развития планеты Земля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушков В.М. Некоторые проблемы синтеза цифровых автоматов. *Журн. вычисл. математики и мат. физики*. 1961. № 3. С. 371–411.
2. Глушков В.М., Малиновский Б.Н. Автоматизация производственных процессов с применением средств вычислительной техники. Материалы науч.-техн. совещ. Москва: Изд-во ЦВТИ, 1962. 206 с.
3. Глушков В.М. Кибернетика и управление производством. Возможное и невозможное в кибернетике. Москва: Изд-во АН СССР, 1963. С. 198–203.
4. Глушков В.М. Введение в кибернетику. Киев: Изд-во АН УССР, 1964. 324 с.
5. Goodman S. The origins of digital computing in Europe. *Communications of the ACM*. 2003. Vol. 46, N 9. P. 21–25. <https://doi.org/10.1145/903893.903917>.
6. Малиновский Б.Е. История вычислительной техники в лицах. Киев: Фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. 384 с.
7. Соболев С.Л., Китов А.И., Ляпунов А.А. Основные черты кибернетики. *Вопросы философии*. 1955. № 4. С. 136–148.
8. Китов А.И. Техническая кибернетика. *Радио*. 1955. № 11. С. 42–44.
9. Китов А.И., Ляпунов А.А., Полетаев И.А., Яблонский С.В. О кибернетике. *Труды 3-го Всесоюзного математического съезда*. Т. 2. Москва, 1956. С. 76–77.
10. Китов А.И. Электронные цифровые машины. Москва: Сов. радио, 1956. 358 с.
11. Китов А.И. Кибернетика и управление народным хозяйством. *Кибернетику — на службу коммунизму*: Сб. статей под ред. А.И. Берга. Т. 1. Москва; Ленинград: Госэнергоиздат, 1961. С. 203–218.
12. Берг А.И., Китов А.И., Ляпунов А.А. Кибернетика в военном деле. *Военная мысль*. 1961. № 2. С. 19–31.
13. Берг А.И., Китов А.И., Ляпунов А.А. О возможностях автоматизации управления народным хозяйством. *Проблемы кибернетики*. Вып. 6. Москва: Физматгиз, 1961. С. 83–100.
14. Kitov A., Krinitskii N. Electronic computers. International Series of Monographs on Electronics and Instrumentation. Vol. 13. London; Oxford; New York; Paris: Pergamon Press, 1962. 112 p.
15. Глушков В.М. Автоматизированные системы управления в народном хозяйстве. Проблемы научной организации управления социалистической промышленностью: *Материалы Всесоюз. науч.-техн. конф.* Москва: Экономика, 1968. С. 383–394.
16. Глушков В.М. Основные принципы построения автоматизированных систем управления. Москва, 1969. 43 с.
17. Gerovitch S. InterNyet: why the Soviet Union did not build a nationwide computer network. *History and Technology*. 2008. Vol. 24, N 4. P. 335–350.
18. Глушков В.М., Скурихин В.И. Принципы построения и опыт разработки АСУ предприятием с массовым характером основного производства. V Всесоюз. совещ. по проблемам управления (Москва, октябрь 1971).
19. Глушков В.М. Введение в АСУ. Киев: Техніка, 1972. 312 с.
20. Глушков В.М. Кибернетика, вычислительная техника, информатика. Избранные тр. в трех томах. Т. 1. Математические вопросы кибернетики; Т. 2. ЭВМ — техническая база кибернетики; Т. 3. Кибернетики и ее применение в народном хозяйстве. Киев: Наук. думка, 1990.

21. Михалевич В.С., Кукса А.И. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов. Москва: Наука, 1983. 208 с.
22. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации: проблемы, методы решения, исследования. Киев: Наук. думка, 2003. 264 с.
23. Сергиенко И.В., Дейнека В.С. Системный анализ многокомпонентных распределенных систем. Киев: Наук. думка, 2009. 640 с.
24. Баранов А.Ю., Белоус М.В., Сергиенко И.В., Химич А.Н. Гибридные алгоритмы решения линейных систем для конечно-элементного моделирования процессов фильтрации. *Кибернетика и системный анализ*. 2015. Т. 51, № 4. С. 112–120.
25. Каленчук-Порханова А.А., Вакал Л.П. Об одном способе преобразования экологической информации. Технические и программные средства систем экологического мониторинга. Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 1994. С. 76–80.
26. Лаврик В.И., Каленчук-Порханова А.А. Имитационная система моделирования экологического состояния устьев рек, лиманов и озер северо-западного Причерноморья. *Диагноз состояния экосистемы Черного моря и зоны сопряжения суши и моря. Сб. трудов науч. конф.* Севастополь, 1997. С. 88–89.
27. The European Network for Observing Our Changing Planet. URL: <http://www.era-planet.eu/>.
28. Каленчук-Порханова А.А. Наилучшая чебышевская аппроксимация функций одной и многих переменных. *Кибернетика и системный анализ*. 2009. № 6. С. 155–164.
29. Головинський А.Л., Сергієнко І.В., Тульчинський В.Г., Маленко А.Л., Бандура О.Ю., Горенко С.О., Роганова О.Ю., Лаврікова О.І. Розвиток суперкомп'ютерів серії СКІТ, розроблених в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України у період з 2002 по 2017 роки. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. Т. 53, № 4. С. 124–129.
30. Каленчук-Порханова А.А. Математическое моделирование токовых состояний водных объектов. *Кибернетика и системный анализ*. 2019. Т. 55, № 4. С. 189–193.
31. Федоров О.П. Про цільову програму наукових досліджень НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проекту «Горизонт-2020» ERA-PLANET» (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 25 жовтня 2017 р.). *Вісн. НАН України*. 2017. № 12. С. 35–41.
32. Kussul N., Lavreniuk M., Kolotii A., Skakun S., Rakoid O., Shumilo L. A workflow for Sustainable Development Goals indicators assessment based on high-resolution satellite data. *International Journal of Digital Earth*. 2020. Vol. 13, N 2. P. 309–321.
33. EU Open Data Portal. URL: https://data.europa.eu/euodp/data/dataset/data_urban-atlas.
34. Eath Observing System. Lansat-8. URL: <https://eos.com/landsat-8/>.
35. MDA corporation RADARSAT Portal. URL: <https://gsiportal.mdacorporation.com/help/>.
36. USGS EarthExplorer. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>.
37. Copernicus Space Component Data Access. URL: <https://spacedata.copernicus.eu/>.
38. Metop Series polar-orbiting satellites. URL: <https://www.eumetsat.int/our-satellites/metop-series>.
39. Suomi NPP Mission. URL: <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/s/suomi-npp>.
40. NASA Aura Portal. URL: <https://aura.gsfc.nasa.gov/index.html>.
41. OpenStreetMap Portal. URL: <https://www.openstreetmap.org/>.
42. Global Human Settlement Layer. URL: <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/>.
43. Индекс качества воздуха в режиме реального времени. URL: <https://waqi.info/ru/>.
44. Copernicus Atmosphere Monitoring System. URL: <https://atmosphere.copernicus.eu/>.
45. Тульчинський В.Г., Лавренюк С.І., Роганов В.Ю., Тульчинський П.Г. Проблема забезпечення інтегрованості інфраструктури SMURBS та шляхи її розв'язку. *Праці VI Всеукраїнської конференції «GEO-UA 2018»* (18–19 вересня 2018, Київ). Київ: ІКД НАНУ, 2018. С. 25–27.

Надійшла до редакції 28.12.2020

А.О. Каленчук-Порханова, В.Г. Тульчинський

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЗГІДНО З КОНЦЕПЦІЄЮ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗЕМЛІ

Анотація. Розглянуто наукові основи розроблення та впровадження автоматизованих систем управління (АСУ) в СРСР та наведено результати робіт Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України із створення та впровадження АСУ екологічного моніторингу згідно з принципами сталого розвитку суспільства.

Ключові слова: автоматизовані системи, автоматизовані системи управління, екологічний моніторинг, сталий розвиток.

A. Kalenchuk-Porkhanova, V. Tulchinsky

SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS ACCORDING TO THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE EARTH

Abstract. The scientific foundations for the development and implementation of automated control systems (ACS) in the USSR are discussed and the results obtained at the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine in the development and implementation of ecology monitoring ACS according to the principles of sustainable development of the society are presented.

Keywords: automated systems, automated control systems, ecological monitoring, sustainable development.

Каленчук-Порханова Анжеліна Олексіївна,

кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, e-mail: dep145@gmail.com.

Тульчинський Вадим Григорович,

доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, e-mail: dep145@gmail.com.