

Э. И. Мургазина

## ОБЗОР УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ ПО НАНОТЕХНОЛОГИЯМ В УНИВЕРСИТЕТАХ АВСТРАЛИИ

*Ключевые слова: инновационные исследовательские университеты, нанобиотехнологи, исследовательские школы, нанофотоника, наноустройства, нанопленка, современные материалы, нанохимия, наноматериалы, наномедицина, биоинженерия, зеленая химия, наноиндустрия, наномеханика, нанобионика.*

*Изучены области и направления научных исследований ведущих австралийских университетов. Выполнен обзор учебных программ подготовки бакалавров и магистров по нанотехнологиям в учебных заведениях высшего образования в Австралии. Высказывается предположение о возможности сотрудничества российских университетов с австралийскими университетами в плане академического обмена для совершенствования программ подготовки.*

*Key words: innovative research universities, nano-biotechnology, research schools, nanophotonics, nanodevices, nanofilm, advanced materials, nanochemistry, nanomaterials, nanomedicine, bioengineering, green chemistry, nanoindustry, nanomechanics, nanobionics.*

*The field and direction of research and development in the leading Australian universities have been studied. The review of the Bachelor's and Master's curricula on nanotechnologies in the institutions of higher education in Australia has been made. It is assumed that a cooperation of Russian and Australian universities in the form of the academic exchange for the curricula improvement should take place.*

Целью этой статьи является показать широкий спектр подготовки специалистов по нанотехнологиям в университетах Австралии и наличие современных центров по нанотехнологиям.

За последние годы объем государственного финансирования исследований и разработок в области нанотехнологий в разных странах мира увеличился приблизительно в пять раз. В соответствии с существующими прогнозами мировой объем производства в области нанотехнологий к 2015 году должен превысить 1 трлн. долларов США, что по разным источникам может привести к созданию около 2 млн. рабочих мест. Одной из важнейших составляющих развития нанотехнологии является подготовка профессиональных кадров, способных эффективно работать в этой новой междисциплинарной области науки и техники. В учебный процесс университетов многих стран мира введены образовательные профессиональные программы по нанонауке и нанотехнологии, рассчитанные на различные уровни образования [1]. В настоящее время особое внимание государственной политики России в области науки и образования обращено на подготовку специалистов, способных выполнять научные исследования и разработки по перспективным направлениям в области нанотехнологий [2]. Более чем 50 российских университетов ведут подготовку бакалавров, магистров и специалистов, имея лицензии или заключения учебно-методического объединения на право ведения образовательной деятельности по направлению «нанотехнологии» [3]. В рамках ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в РФ на 2008-2010 г.г.» в 32 университетах создаются Научно-образовательные центры по направлению нанотехнологии. Одновременно во многих университетах РФ открыты специализации, бакалаврские и магистерские программы, ориентированные на подготовку кадров для наноиндустрии. В Казанском национальном исследовательском технологическом университете есть программы подготовки дипломированных специалистов по специальности «наноматериалы» и бакалавров по

направлению «нанотехнология», программы послевузовской подготовки (аспирантура) по специальности «бионанотехнологии» («биологические науки») [4]. Имея статус исследовательского университета, КНИТУ устанавливает сотрудничество с ведущими иностранными исследовательскими университетами [5]. Принимая во внимание партнерство России и Австралии в Азиатско-Тихоокеанском регионе, заинтересованность с обеих сторон в развитии сотрудничества в энергетической и горнодобывающей сферах, следует развивать сотрудничество и в области образования, устанавливать партнерские отношения между университетами двух стран.

Австралию отличает высокий уровень образования и подготовки кадров, прежде всего инженеров, специалистов в сфере IT-технологий, финансов и других областях. Австралия на сегодняшний день является одной из стран-лидеров развития наноиндустрии. Основные перспективные направления австралийских исследователей сосредоточены в следующих областях: материалы, нанобиотехнологии и оборудование в медицине, энергия и окружающая среда, электроника и фотоника, квантовая механика, приборостроение и программное обеспечение. Правительство Австралии непосредственно содействует развитию нанотехнологий. Взаимодействие правительства штатов, территориальных образований и частного сектора в области нанотехнологий обеспечивает финансирование инновационной отрасли в размере 100 миллионов австралийских долларов в год на проведение исследований и создание конкурентноспособной нанопродукции. В 2007 г. австралийское правительство объявило о своих планах относительно общенациональной программы «Национальная стратегия развития нанотехнологий». В рамках программы будут предприняты мероприятия по объединению усилий компаний промышленности, исследователей, правительства и общества в целом для достижения следующих целей стратегии: обеспечение возможности

измерения наночастиц в Национальном институте измерений; разработка отраслевых нормативов и стандартов; выработка результативных рекомендаций всему наносообществу. На эти цели Правительство выделило 21,5 миллиона долларов на четыре года. Правительство также проводит политику налоговых льгот для научно-исследовательских институтов и компаний, занимающихся исследованиями в области нанотехнологий [1]. В мае 2007 года Агентство внутренних инвестиций Правительства Австралии выпустило «Отчёт о возможностях Австралии в области нанотехнологий», в котором описывается текущее состояние нанонауки и нанотехнологии в Австралии. Особый интерес представляет раздел «Australian Nanotechnology Matrix» и «Index», в которых перечислены основные компании и институты, НИИ с указанием их специализации в области нанотехнологий. К настоящему времени Австралия уже завоевала репутацию мирового научно-технического «цеха», который обладает мощной сетью из более чем 75 НИИ, специализирующихся на развитии нанотехнологий, и более чем 80 компаний, обеспечивающих выход нанопродукции на международный рынок. Основной особенностью австралийского сектора нанотехнологий является сотрудничество национальных научно-исследовательских институтов и частных компаний, образование альянсов и союзов с целью развития nanoиндустрии [6]. Большая часть НИОКР в области нанотехнологий выполняется в НИИ и университетах, кооперативных исследовательских центрах и «центрах совершенства». Финансы в эти организации поступают из многих источников и, в частности, через Австралийский Совет по научным исследованиям, Австралийскую организацию ядерных исследований, разновидность местной Академии наук, а также от правительств отдельных провинций, частных и зарубежных источников.

Система высшего образования в Австралии включает бакалавриат (студенческое образование), дополнительные курсы для дипломированных студентов (почетная степень), последипломные программы образования [7]. Различные институты Австралии предлагают образовательные программы различных уровней в области нанотехнологий. При этом, наличие в общем курсе дисциплины, посвященной определенному аспекту в области нанотехнологий, определяет глубину изучения соответствующей тематики. Существуют также специализированные программы, сочетающие изучение физики, химии, биологии и т.д. с позиции нанотехнологий.

Чтобы оценить фундаментальные и прикладные исследования в области нанотехнологий, следует рассмотреть программы подготовки, предлагаемые ведущими университетами Австралии. Некоторые из них входят в группу инновационных исследовательских университетов Австралии IRU (Innovative Research Universities): это университет Гриффита, университете Ла Троба, университет Мердока, университет Флиндерса и университет Южной Австралии. 35 научно-исследовательских центров данного объединения работают над разработкой совместных программ, социальной составляющей научно-исследовательской деятельности, внедрением практического модуля в процесс обучения. Преимущество для студентов - в

более широком доступе к научно-исследовательской деятельности (научные руководители, библиотеки, лаборатории). Университет Квинсленда и Мельбурнский входят в международную сеть исследовательских университетов Universitas 21 Global.

Австралийский национальный университет в Канберре (Австралийская столичная территория) включает в себя 7 колледжей и Институт передовых исследований. Колледжи осуществляют подготовку бакалавров, магистров и ведут исследовательскую деятельность. Институт передовых исследований сконцентрирован исключительно на исследовательской работе и подготовке магистров и состоит из 9 исследовательских школ и исследовательского центра. Есть исследовательская школа физики и инжиниринга, колледж физических и математических наук. Ведутся исследования по конфигурации плазмы, физике космической плазмы (экспериментальные и теоретические аспекты расширения применения плазмы в высокочастотных спиральных волнах в космической науке, водородных топливных элементах), физике жидкостей (изучение физики турбулентности). Среди прикладных технологий можно выделить проект BushLAN, нацеленный на то, чтобы провести беспроводную широкополосную сеть в отдаленные районы. В сфере нанонауки и нанотехнологий студентами разрабатываются проекты на темы: монохроматор высокого разрешения, рост полупроводниковых нанопроволок, нелинейные перестраиваемые материалы [8].

Сиднейский технологический университет (Штат Новый Южный Уэльс) также предоставляет возможность изучения нанотехнологий для студентов. В институте доступны следующие дисциплины: наноматериалы, молекулярные нанотехнологии, оптика и нанофотоника, твердые тела и наноустройства, бионанотехнологии. С 2005 г. в университете стартовали следующие программы обучения студентов в области нанотехнологий: междисциплинарная научная программа с присвоением степени бакалавра и объединенная научно-коммерческая программа. Ежегодно 30 студентов становятся участниками этих программ. Благодаря практике проведения занятий и результатам проведенных исследований разработаны такие новые дисциплины, как микроскопия зондов и электронов. Со времени разработки программ обучения по нанотехнологиям университет ввел некоторые усовершенствования: в настоящее время часть дисциплин, посвященных нанонауке, читают привлекаемые университетом специалисты в области практического применения нанотехнологий из различных сфер бизнеса. В Институте технологий производств нанопленок исследуются функционирующие оптические системы, характеристика нанодомена, обнаружение протеинов. Предметами исследования являются такие междисциплинарные объекты как нанодом и нанотело. В 1995 году университет участвовал в создании Австралийского технологического парка. Выгодное расположение технопарка вблизи центра и университетских территорий служит причиной размещения на его территории лидирующих австралийских и мировых ИТ и научных компаний. Такое

преимущество создает предпосылки для широкого обмена научными достижениями и разработками. Технопарк предназначен для работы начинающих высокотехнологических компаний с акцентом на биоиндустрию [9]. Предлагаются курсы бакалавриата по нанотехнологии: наноаука, биомолекулы, наноматериалы, бионанотехнологии, молекулярные нанотехнологии, наноустройства. Курсы магистратуры по нанотехнологии - наноматериалы, молекулярные нанотехнологии, оптика и нанофотоника, твердые тела и наноустройства, бионанотехнологии. Аспирантура по направлению «нанотехнологии» - нанобиотехнологии, нанотехнологии для датчиков и биодатчиков, оптика и нанофотоника, твердые тела и наноустройства [1].

Приоритетные области университета Гриффита (Штат Квинсленд) – это наука о воде, разработка новых лекарственных препаратов, политика и госбезопасность в регионе, изменения климата, устойчиво развивающийся туризм, здравоохранение. В аспирантуре Гриффита обучается 1000 студентов. Всего в Гриффите 38 научно-исследовательских центров (как местного, так и мирового значения), в которых ведется исследование по 2173 различным темам. Действует Квинслендский центр микро и нанотехнологий, где исследуют проблемы, в области микро и нанотехнологий, которые являются неотъемлемой частью развития «чистых и умных» систем. Этот центр объединяет ученых, занимающихся фундаментальной теорией материалов, вопросами развития материалов, чувствительными элементами, микроэлектронной инженерией и микротехнологией, которые находятся на стыке физики, химии, прикладной математики и машиностроения. Упор делается на 4 основные темы исследований: жизнеспособные энерготехнологии, новые инструменты и материалы, комплексные системы и сигналы, теория и моделирование. Имеется оборудование для микротехнологий. В настоящий момент запущены проекты, связанные с такими темами как поверхности, интерфейсы, материалы с порами и мембранами, материалы для сохранения и изменения энергии, транспортировка и поток в биомедицинских системах, сети интеллектуальной памяти: новый подход к распознаванию образцов и других когнитивных задач, технология получения карбида кремния - силикон (SiC on Si). Ведутся фундаментальные исследования микро- и нанопленочных систем [10].

Университет Квинсленда (Штат Квинсленд) имеет восемь научно-исследовательских учреждений мирового класса. Он является одним из ведущих исследовательских университетов Австралии. В его состав входят: Квинслендский институт мозга, Институт молекулярных биологических наук, Исследовательский институт общественных наук, Институт глобальных изменений, Институт устойчивых минералов, Квинслендский союз в области сельскохозяйственных и продовольственных инноваций и Австралийский институт биоинженерии и нанотехнологии. Центр обработки и производства современных материалов занимается исследованиями в области металлов, полимеров, керамики, композитов и гибридов и дальнейшим применением при проектировании поверхностей, обработке полимеров, отливке, обработке порошков, литье и в машино-

строении. Университет предлагает степень бакалавра биотехнологии (нанотехнологии) [11].

В университете Ла Троба (Штат Виктория) существуют специализированные направления в изучении наноструктурных материалов и бионанотехнологий. Предлагаются 3 программы по нанотехнологиям в Мельбурнском кампусе: Магистр нанотехнологий (степень с 2-летним обучением), Бакалавр наук/Магистр нанотехнологий (степень с 5-летним обучением) и бакалавр естественных наук/нанотехнологии (дополнительная степень с 4-летним обучением). Отличительные черты программ со степенями: наличие 6 специализированных направлений: нанохимия, сканирующие зондовые микроскопы, изображение и определение параметров материалов, наука синхротронов и технологии, наноматериалы и их конструирование, сенсоры и устройства. На последнем году изучения ведется основной исследовательский проект, позволяющий студентам попрактиковаться в лабораториях или на промышленном предприятии. Основной упор делается на физику, химию и биохимию. Математика, биология и другие курсы выбираются студентами самостоятельно [12].

В Мельбурнском университете (Штат Виктория) есть Институт исследования материалов, основные области исследования которого: наномедицина, квантовые технологии, биоинженерия, материалы для энергетики. В Центре наноауки и нанотехнологий идет сотрудничество между исследователями университета Мельбурна с кафедры химической и биомолекулярной инженерии и школами физики и химии, институтом биомолекулярной науки и биотехнологий. Центр был создан в 2003 г.с целью развития наноауки и нанотехнологий, включая современные материалы, биотехнологии, информационные и коммуникационные технологии и новые технологии производства. Проектами центра являются: нововычисления квантовой точки, инжиниринг тканей, доставка лекарства на основе наноразмерных частиц и биомаркировка, наноспроектированные опреленные частицами поверхности. Университет предлагает степень магистра нанотехнологии [13].

Университет Монаша (Мельбурн, Виктория) ведет образовательную и исследовательскую деятельность с 1961 г. [14]. Он признан одним из ведущих центров наноауки в Австралии, дает возможность обучения следующим дисциплинам: наука о наноматериалах и инженерия (школа физики, отдел разработки материалов, школа химии, химическая инженерия); нанобиотехнологии (Викторианский колледж фармацевтики); Центр зеленой химии. Университет обладает развитой научной инфраструктурой для проведения различных исследований в наноуровне. Сюда относятся: электронная микроскопия, спектроскопия, биоспектроскопия, исследования частиц и реология, дифракция рентгеновских лучей. Огромные возможности открываются перед студентами Университета в связи с вводом в действие синхротрона (ускорителя частиц) в университетском городке Клейтон в 2007 году. Университет является основателем компании «Нанотехно-

логии Виктории», основной деятельностью которой является воплощение результатов нанотехнологических исследований в продукции (коммерциализация нанотехнологий). Университет Монаша возглавляет Национальный Центр Передовых Технологий Материалов [15]. Он оказывает аналитические, консультационные услуги в nanoиндустрии, используя ряд сложных нанотехнологий, разработанных школой физики и ведущими исследовательскими центрами Австралии в области инженерии. Университет является основателем некоммерческой организации Австралийская Сеть Технологий Материалов (Материалы Будущего) [16]. Компания оказывает отраслевые консультационные услуги и выпускает ежемесячный информационный бюллетень, в котором регулярно публикует обзоры продукции нанотехнологий. Департамент инженерии материалов Университета Монаша активно вовлечен в исследовательские процессы в следующих областях: передовые соединения для космической промышленности; применение электромагнитных устройств; новые дешевые фотоэлементы; система доставки медицинских препаратов; тканевая инженерия, производство стволовых клеток; структурные каркасы; легкие металлические сплавы; высокопрочная сталь; разработка новых материалов на атомном уровне «атом к атому»; модификация микроструктуры металлов и свойств на атомном уровне для хранения энергии; - электронная микроскопия; - биомимикрия. Есть курсы бакалавриата по нанотехнологии, инженерии материалов, наноструктура материалов, наноматериалы и нанобиотехнологии, биоматериалы, нанобио датчики. Предлагаются курсы магистратуры по нанотехнологии: биохимическая и биопроцессная, инженерия, синтез нанокристаллов, инженерия материалов, микророботы, механическая инженерия, наномеханика, наноустройства, нанобионика [1].

В университете Кертина (Перт, Западная Австралия) учрежден Институт исследований в области нанохимии. Проводимые исследования: от спонсируемых правительством фундаментальных исследований до конфиденциальных промышленных проектов. Институт является частью Западно-Австралийского нанохимического института (WANRI), который включает в себя университет Кертина, университет Мердока и Западно-Австралийский университет. За последнее десятилетие в университете Кертина используются экспертный анализ и приемы (такие как кристаллизация и определение параметров материалов) которые ведут к значительной возможности развития нанохимии. Профессор Дамен Арриган (кафедра химии), работавший раньше в институте в Национальном Институте Тиндала, г. Корк, Ирландия, где он вел исследовательскую группу в области химических сенсоров, электрохимии, микрофлюидов и нанофабрикации, проводит независимую исследовательскую программу теперь и в университете Кертина. Предлагается степень бакалавра наук (нанотехнологии) [17].

На долю Университета Западной Австралии (Перт, Западная Австралия) приходится около 70% исследовательской работы, проводимой в Западной Австралии – он является также одним из ведущих исследовательских мировых центров. Образовательные программы университета в области нанотехнологий

обучают студентов теоретическим основам и навыкам применения нанотехнологий в биологии, химии, физике и инженерии.[18] Студент индивидуально выбирает специализацию и на третьем году обучения работает над основным проектом по своей тематике. Курсы бакалавриата по нанотехнологии - нанотехнологии, молекулярная биология, инженерия материалов, биоизмерения, оптика и электродинамика, нанoeлектроника полупроводников. Курсы магистратуры по нанотехнологии - прогрессивная биофизика, нанoeлектроника, оптика и электродинамика, инженерия материалов. Аспирантуры по нанотехнологиям в Университете нет [1].

Университет Мердока (Перт, Западная Австралия) предлагает степень бакалавра наук («физика и нанотехнологии») в областях исследования: солнечная энергия, тонкие пленки, нанотехнологии [19].

Основной кампус университета Флиндерса (Южная Австралия) находится в Аделаиде, но университет ведет учебную и научно-исследовательскую деятельность и в других регионах страны. Особое значение придается проведению междисциплинарных исследований. При университете действует центр наноауки и нанотехнологий. Университет предлагает образовательные программы (от бакалавриата до доктората) по естественным наукам и технологиям, в том числе по физике, химии, информатике, проектировании, математике, биологии; междисциплинарные курсы с акцентом на исследование окружающей среды, искусство, поведенческую науку, медико-санитарные дисциплины и новые технологии; профессиональные программы по медицине. Предлагается степень бакалавра наук и магистра нанотехнологии. Это первый австралийский университет, предложивший диплом в этой области (в 2000 г.) На 2 году обучения выбирается одна из областей: 1 биомедицинские нанотехнологии 2 квантовые наноструктуры [20].

В университете Аделаиды (Южная Австралия) предлагается степень бакалавра естественных наук («наноаука и материалы»), которая предполагает 3-х летнее обучение. В первый год изучается химия и физика с дополнительными курсами по выбору, например математика и биология. На втором году обучения упор делается на связь химии и функциональных материалов. Студенты изучают разработку современных материалов: полимеров, катализаторов, оптических переключателей, сенсоров и фотоэлементов [21].

При университете Южной Австралии действует исследовательский институт Яна Варка, где ведутся исследования в 3-х секторах: биополимерные интерфейсы, коллоиды и наноструктуры, обработка минералов. Институт сыграл ключевую роль в развитии программы со степенью бакалавр наук (современные материалы). Программа позволяет студентам изучать широкий спектр основных наук: химию, физику, биологию и математику. Специализация идет в таких областях как минералы, наноматериалы, оптические материалы, технология воды, восстановление окружающей среды, технологии в области энергетики, биоматериалы, химия и фарма-

цветика, физика для медицины. Программа специально разработана для основных промышленных секторов Южной Австралии и страны в целом. Предлагается также степень бакалавра технических наук технических в области машиностроения и нанотехнологий, магистра инженерных наук по профилю «материалы и нанотехнологии» [22].

Таким образом, можно сделать вывод, что в системе образования Австралии подготовке кадров для nanoиндустрии уделяется большое внимание: в каждом штате страны есть университет, предлагающий курсы и направления подготовки по нанотехнологиям для бакалавров, магистров и аспирантов; также существуют курсы повышения квалификации по различным областям нанотехнологий при университетах. При этом можно выделить несколько основных направлений подготовки кадров для nanoиндустрии: химия, биология, медицина, конструкционные материалы, электроника, энергетика.

В Австралии наиболее эффективным путем соединения научных достижений, передовых технологий, наноразработок и их практической реализации является образование технопарков, объединяющих в себе преимущества университетов и инновационных технологически ориентированных бизнес структур.

Целесообразно установить академический обмен преподавателями между российскими и австралийскими университетами для подробного изучения содержания программ подготовки бакалавров, магистров и аспирантов по направлению нанотехнологии в университетах обеих стран, с целью усовершенствования существующих программ, а также для введения новых программ подготовки по этой специальности.

### Литература

1. Булакина, М.Б. Обзор зарубежного опыта по подготовке кадров в области нанотехнологий: Методическое пособие для преподавателей и аспирантов/М.Б.Булакина, А.И.Денисюк, А.О.Кривошеев.-СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2009.- 93 с.
2. Медведева, В.Р. Формирование рынка нанотехнологий как инновационное развитие российской экономики/В.Р.Медведева// Вестник Казан. технол. ун-та.- 2011.- №14.-С.264.
3. Абдрахманова А.Х. О проблемах в формировании базовых знаний по естественно-научным дисциплинам будущих специалистов в области нанотехно-

- логий/Абдрахманова А.Х., Миракова Т.Ю.// Вестник Казан. технол. ун-та.- 2011.- №12.- С.227.
4. Газизова, Н.Н. Математическая подготовка бакалавров и магистров направления 240700 «Биотехнология»/Н.Н. Газизова, Н.В. Никонова, М.Б. Газизов// Вестник Казан. технол. ун-та.-2012.-Т.5.-С.235.
  5. Романов Д.А. Высшее образование в Финляндии – курс на инновации и нанотехнологии/Д.А. Романов// Вестник Казан. технол. ун-та.-2011.-№22.-С.350
  6. Nanotechnology. Australian Capability Report. Third edition. The Department of Innovation, Industry, Science and Research. (<http://www.innovation.gov.au/Industry/Nanotechnology/Documents/Capability07.pdf>)
  7. Система образования в Австралии. ([http://www.studyaustralia.ru/cgi-bin/issue.cgi?action=article&ar\\_id=24](http://www.studyaustralia.ru/cgi-bin/issue.cgi?action=article&ar_id=24))
  8. Nanoscience and nanotechnology in ANU (<http://physics.anu.edu.au/areas/nanotech.php>)
  9. University of Technology, Sydney (<http://www.uts.edu.au>)
  10. Queensland Micro- and Nanotechnology Centre. (<http://www.griffith.edu.au/science-aviation/queensland-micro-nanotechnology-centre>)
  11. University of Queensland. (<http://www.uq.edu.au>)
  12. The La Trobe Nanotechnology Program. (<http://www.latrobe.edu.au/nanotechnology>)
  13. Centre for Nanoscience and Nanotechnology. (<http://cnst.unimelb.edu.au/about/index.html>)
  14. Nanotechnology at Monash. (<http://www.monash.edu.au/research/nanotechnology>)
  15. National Centre for Advanced Material Technologies. (<http://www.spme.monash.edu.au/camt/>)
  16. Technology for Competitive Advantage. Future Materials. (<http://www.future.org.au/>)
  17. Courses at Curtin. ([http://courses.curtin.edu.au/course\\_overview/undergraduate/nanotechnology-mj](http://courses.curtin.edu.au/course_overview/undergraduate/nanotechnology-mj))
  18. Courses for Australian students. Nanotechnology. The University of Western Australia. (<http://www.studyat.uwa.edu.au/undergrad/australian/ugacourses?section=getmajor&majorid=16>)
  19. Murdoch University (<http://www.murdoch.edu.au>)
  20. Flinders Centre for Nonsocial S & T ([http://www.flinders.edu.au/science\\_engineering/research/nanoscale/](http://www.flinders.edu.au/science_engineering/research/nanoscale/))
  21. Nanoscience and nanotechnology. (<https://www.adelaide.edu.au/library/guide/sci/Chemistry/nano.html>)
  22. Programs at UniSA (<http://programs.unisa.edu.au/public/PCMS/Home.aspx?search=nanotechnology&pgt=0&pt=0#sr>)