

II. Territoriale Produktionskomplexe:  
Theoretische Grundlagen und Erfahrungen

Beiträge von V.A. Fedoseev  
N.I. Larina  
W.P. Gukov  
A. Köörna

Zur Problemstruktur Territorialer  
Produktionskomplexe unter besonderer  
Berücksichtigung natürlicher Bedingungen<sup>+)</sup>

von V. A. Fedoseev

Sektion Wirtschaftsforschung  
Halbinsel Kola - Abteilung der  
Akademie der Wissenschaften  
Apatity

<sup>+) Redaktionelle Überarbeitung des Manuskriptes  
durch K. Peschel und J. Haass</sup>

Ein Territorialer Produktionskomplex (TPK) stellt ein integriertes System industrieller Unternehmen und Betriebe verschiedener auf bestimmte Distrikte spezialisierter Branchen dar, die auf der Ausbeutung des örtlichen Mix natürlicher Ressourcen basieren, eine gemeinsame industrielle und soziale Infrastruktur nutzen und die durch bestimmte Funktionen der nationalen Ökonomie miteinander verknüpft sind.

Die Notwendigkeit, den Entwicklungsprozeß von TPK zu erforschen, wird durch folgendes verdeutlicht: die wachsende materiell-industrielle und sozialökonomische Verflechtung auf regionaler Ebene wie auf der Ebene des volkswirtschaftlichen Gesamtsystems; die Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts; ein rasches Skalenwachstum der Industrie; die Notwendigkeit einer rationalen Nutzung der industriell-technologischen Strukturen der Komplexe unter dem Gesichtspunkt einer optimalen Kombination territorialer und industrieller Interessen zur Realisierung oberster ökonomischer Ziele; das wachsende Ausmaß der Umweltbelastungen durch die Industrie bei gleichzeitig steigenden ökologischen Ansprüchen. Das Wirken des integrierten Systems von Unternehmen und Betrieben als distriktübergreifender TPK hat im Vergleich zur Tätigkeit separater industrieller Unternehmen einen zusätzlichen Effekt. Die Notwendigkeit einer detaillierten Erforschung des Entwicklungsprozesses wird noch über die genannten Faktoren hinaus verschärft, wenn die TPK unter extremen natürlichen Bedingungen arbeiten, z.B. im hohen Norden, weil menschliche Leistung und Arbeitseinsatz zur Erzielung des Outputs hier beträchtlich höher sind als im mittleren Teil des Landes.

Die Basis für die Zusammenfassung von Unternehmen und Betrieben verschiedener Produktionszweige zu einem einzigen Komplex bilden: das Vorhandensein und die gemeinsame Nutzung des örtlichen territorialen Mix von natürlichen und Arbeits-

kraftressourcen; die Verflechtungsintensität miteinander verbundener und interdependenter technologischer Prozesse; enge und stabile produktionstechnologische und ökonomische Beziehungen zwischen den Unternehmen und Betrieben des Komplexes; die prinzipielle Zielsetzung ihres Funktionszusammenhanges.

Bei der Erforschung des Entwicklungsprozesses von TPK unter regionalem Gesichtspunkt müssen die mannigfaltigen Einflüsse der örtlichen Produktionsbedingungen berücksichtigt werden: Erstens sind die Unternehmen und einzelnen Betriebe der jeweiligen Produktionszweige Verwender der besonderen natürlichen und Arbeitskraftressourcen der betrachteten Region und auch deren spezifischer industrieller und sozialer Infrastruktur. Zweitens ist die industriell-technologische Struktur dieser Komplexe durch starke Wechselwirkungen charakterisiert, die aufgrund des gemeinsamen Verbrauchs der Ressourcen, der Nutzung von industriellen Abfällen und Nebenprodukten, der Produktion ähnlicher und gegeneinander austauschbarer Produkte bestehen. Drittens sind Elemente der Produktion, der Siedlungsstruktur und der Umwelt innerhalb des Komplexes durch ein kompliziertes Netz direkter Beziehungen und auch Rückwirkungen verknüpft. Die Fülle lokaler Faktoren und Produktionsbedingungen, die erhebliche Unsicherheit, stochastische Einflüsse wie auch die vielfältigen Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der von den TPK einzuschlagenden Entwicklungspfade erfordern die Anwendung einer Forschungsmethode, die modernen Ansprüchen genügt - mathematische Modellbildung und Programmierung.

Der TPK ist häufig Gegenstand von Optimierungsansätzen; und er wird nicht als isoliert, sondern als Einheit mit dem ökonomischen System der Region und des Landes gesehen. Die Ausgangsbasis für die theoretische Komplexentwicklung bildet eine produkt- und produktgruppenspezifische räumliche Dif-

ferenzierung von Produktion und Absatz. In der Tat wird das produktionszweig-spezifische Subsystem des gegebenen Komplexes wesentlich ausgeweitet, wenn die Anbieter und Nachfrager von Produkten (und Rohmaterialien) anderer Regionen des Landes mit in die Betrachtung einbezogen werden. Die Menge der knappen Ressourcen, hinsichtlich derer Restriktionen zu formulieren sind, umfaßt sowohl die Ressourcen, die für die Gesamtunion und die Republik von Bedeutung sind und von denen viele in einer größeren Region zur Verfügung stehen (Investitionen, wichtige industrielle Anlagegüter, Arbeitskraftressourcen usw.), als auch die vielseitig verwendbaren, für die gegebene Region spezifischen Ressourcen (Boden, Wasser, Bau- und Energiekapazitäten etc.). Die Wahl der unter ökonomischem Gesichtspunkt effizientesten Variante möglicher Entwicklungsverläufe regional spezialisierter Produktionszweige berücksichtigt Einschränkungen hinsichtlich der regionalen Faktoren ebenso wie die transport-ökonomischen Beziehungen mit anderen Regionen. Als Lösung der Optimierungsaufgabe ergeben sich nicht nur die optimale Spezialisierung und die Entwicklungsparameter des Komplexes, sondern auch die Richtung und Stärke der Interaktionen zwischen den Distrikten, die mit der Zulieferung und dem Abtransport der Produkte verbunden sind.

Hierzu werden die gesamten Produktions- und Transportkosten, die anfallen, um die Nachfrage der gegebenen Region und die Nachfrage der mit ihr ökonomisch verbundenen Distrikte nach dem Endprodukt zu befriedigen, minimiert. Das Streben nach einer möglichst vollständigen Berücksichtigung aller Faktoren, welche die Entwicklung des Komplexes beeinflussen, führt zur Entwicklung und räumlichen Allokation der industriellen Produktion in einem großen Gebiet, das die betrachtete Region einschließt.

Die Interaktionen einzelner Elemente der Förderung und Verarbeitung mineralischer Rohstoffe in den Unternehmen des Industriekomplexes, die einhergehen mit einer vollständigen

Verwendung der Ressourcen, mit der Produktion identischer und austauschbarer Produkte und mit der gegenseitigen Lieferung von Rohstoffen, Materialien und Nebenprodukten, machen es vom Standpunkt eines zielorientierten Programmierungsansatzes notwendig, diesen Prozeß als ein kontrolliertes ökonomisches System mit einer expliziten Zielfunktion zu betrachten, d.h. als zu optimierendes System. Das hinsichtlich seiner Entwicklung anzuwendende Effizienzkriterium ist die Summe in der Zeit gewichteter Kapital- und Lohnkosten für Förderung, Transport und Verarbeitung der Rohstoffe - unter Berücksichtigung der Herstellung von Nebenprodukten und der Nutzung industrieller Abfälle.

Die Notwendigkeit, unterschiedliche Beziehungen zwischen den Elementen des zu optimierenden Systems zu berücksichtigen, und das Übermaß an Einflußfaktoren, die die Wahl der Lösung beeinflussen, machen es erforderlich, besondere Entwicklungsmodelle für eine Anzahl industrieller Unternehmen und regionaler Betriebe zu entwerfen - unter Einbeziehung produktionszweigtypischer und territorialer Aspekte. Die natürliche, durch technologische Beziehungen determinierte Sequenz des Verarbeitungsprozesses erlaubt es dabei, aus den Elementen des Optimierungssystems bestimmte Ketten zu bilden.

Einige solcher Ketten ganz bestimmter Elemente mögen sowohl innerhalb als außerhalb der gegebenen Region gelegen sein. Deswegen sollte auch hier der Transportfaktor in die Betrachtung einbezogen werden. Dabei ist anzumerken, daß die Berücksichtigung der Transportkosten für das Endprodukt durch das Modell sich in dem Fall als besonders wertvoll erweist, in dem die Variation der spezifischen Herstellungskosten an verschiedenen Standorten nicht größer ist als die Variation der jeweiligen Transportkosten für die Lieferungen in die verschiedenen Richtungen. Eine ähnliche Überlegung mag

für einen Teil der Nebenprodukte zutreffen. Wenn jedoch der Transport der Nebenprodukte den Standort aller Elemente des Komplexes zu beeinflussen vermag, sollten die Transportkosten in die Produktionskosten einbezogen werden. Was den Transport innerhalb des Produktionszweiges anbelangt, d.h. die Verteilung der Produktströme auf die einzelnen Systemketten, so wird er im Laufe der Problemlösung optimiert.

Der nicht-lineare Charakter der Abhängigkeit der Produktionskosten vom Produktionsniveau sowie Unteilbarkeiten, die beim größten Teil der Ausrüstungsgüter bestehen, erfordern eine Modifikation des Ansatzes insoweit, als die endgültige Funktion und der endgültige Standort eines jeden einzelnen Elementes des Systems in einem weiteren Aufgabenschritt festzulegen sind. Solch ein Verfahren mag vollständig auf die Elemente solcher Ketten des Optimierungssystems angewandt werden, die Bergbauunternehmen enthalten. Gleichzeitig hängen natürlich die Produktionskosten (insbesondere die Kosten des Ressourcenverbrauchs) in den Unternehmen auf der Aufbereitungsstufe vom quantitativen Verhältnis der Rohstoffkomponente entsprechend der Prozeßstufe ab. Deshalb liegt es nahe, für Elemente solcher Ketten, die Unternehmen der Aufbereitungsstufe enthalten, die Kosten zu differenzieren, und zwar in üblicherweise fixe Kosten (welche von Variante zu Variante variieren, bei gegebener Variante aber nicht von der gelieferten Rohstoffmenge abhängen) und üblicherweise variable Kosten (die proportional zur Rohstoffmenge sind).

Die industrielle Entwicklung einer Region kann ein Grund für einen Zustrom von Arbeitskräften sein. Das würde zu zusätzlichem Wohnungsbau und zur Erstellung von kulturellen und Dienstleistungseinrichtungen führen sowie die gesamte soziale Infrastruktur erweitern. Deshalb sollten die Ausgaben für die

zusätzlichen Arbeitskräfte und für die dafür zu schaffenden Einrichtungen berücksichtigt werden (wobei der "Familienkoeffizient" Beachtung finden muß), wenn die Gesamtausgaben für die verschiedenen Entwicklungsvarianten der Systemelemente berechnet werden. Dieses Problem ist für Regionen mit extremen natürlichen Bedingungen von besonderer Bedeutung, weil dort das Ausgabenniveau für die Entwicklung der sozialen Infrastruktur höher ist als im mittleren Teil des Landes.

Die ökonomisch mathematische Beschreibung der Entwicklung von TPK führt zu einem fünfstufigen dynamischen Produktions-Transport-Modell mit diskreten Variablen.

Die Zielfunktion wird quantitativ ausgedrückt durch die maximale Ersparnis an gesamten gesellschaftlichen Kosten für die Förderung, den Transport und die Aufbereitung des Rohstoffs, wobei die ökonomisch-effiziente Erstellung von Nebenprodukten bei Erfüllung des Produktionsprogramms, d.h. Produktion des Endprodukts in der benötigten Menge, mit beachtet wird.

Die Modell-Logik führt zu Produktionsbilanzen und zur Verteilung einzelner Produktionssolls gemäß der verfügbaren Produktionsressourcen, und zwar so, daß die Planungsvorgaben hinsichtlich der Endprodukte erfüllt werden. Der quantitative Wert des Optimalitätskriteriums, nämlich die Summe aller diskontierten Ausgaben, ist ein Indikator für die Effizienz der Entwicklung eines Industriekomplexes verschiedener Produktionszweige.

Aus zusätzlichen Schätzungen der Kapazitätsrestriktionen auf der Ebene des Unternehmens lassen sich Indikatoren für die ökonomische Effizienz der Entwicklung einzelner Unternehmen des Industriekomplexes ableiten, denn sie zeigen, wie stark die Gesamtausgaben des Produktionszweiges sinken (unter den Bedingungen des gegebenen Produktionsprogramms), wenn die Produktionskapazitäten um einen kleinen Betrag wachsen.

Solch ein Ansatz zur Schätzung der ökonomischen Effizienz von Produktions- und Prozeßeinheiten im Gesamtkomplex verschiedener Produktionszweige erlaubt es nicht nur, den effizientesten Entwicklungspfad und die Standorte einzelner Unternehmen und Prozeßeinheiten festzulegen, sondern auch die ökonomische Effizienz der fortschrittlichsten Formen territorialer Organisation der produzierenden Industrie zu beurteilen.

Nachdem die günstigste Entwicklung der einzelnen Branchen in der Region mit Hilfe von produktionsspezifischen Modellen ermittelt worden ist, kann nun das Problem der Optimierung der Entwicklung der TPK gelöst werden. Das dynamische Optimierungsmodell für einen derartigen intersektoral verflochtenen Komplex wird zuerst und vor allem konstruiert, um die günstigste produktions-technologische Struktur des Komplexes zu ermitteln, die Dynamik der wichtigsten Parameter festzulegen und das Ausmaß der Nutzung natürlicher Ressourcen durch den Komplex zu bestimmen.

Das Modell basiert auf dem Prinzip einer Unterteilung des gesamten Zyklus der Aufbereitung bestimmter Typen natürlicher Ressourcen in einzelne Prozesse oder Stufen und ihrer sukzessiven ökonomisch-mathematischen Beschreibung. Dieses Vorgehen erlaubt es, die Zahl der Methoden, die in dem Modell Beachtung und Anwendung finden, erheblich zu vergrößern, allerdings auf Kosten vielfältiger Kombinationsmöglichkeiten, was die Entwicklung der einzelnen Prozesse und Stufen betrifft, die als unabhängige Produktionen betrachtet werden. Auf diese Weise lassen sich zwei Optimierungsziele miteinander verbinden: die Wahl der optimalen produktionstechnologischen Struktur des Komplexes und ein sinnvolles Niveau der Verwendung einzelner Komponenten bei der Aufbereitung natürlicher Ressourcen. Wird das Modell in dieser Weise angewendet, eröffnet sich auch die Möglichkeit, alternative

Entwicklungspfade des Komplexes unter wechselnden Annahmen hinsichtlich der Parameter des zukünftigen ökonomischen Wandels in der Region zu analysieren.

Die Besonderheit des betrachteten Problems ist für die Wahl der Zielfunktion des Modells ursächlich. Im Idealfall, wenn die zentrale Planungsbehörde für jeden Produktionszweig der Region eine Outputvorgabe macht, kann ein Minimierungskriterium benutzt werden, in das die gesamten sozialen Ausgaben für die Erfüllung dieser regionalen Produktionsvorgabe eingehen. Eine derartige Problemstellung macht es, wie oben erwähnt, unumgänglich, das Regionalmodell in ein größeres System von Modellen der optimalen territorialen Produktionsplanung organisch einzubeziehen, und zwar zur Bestimmung solcher Basisparameter und Grenzwerte, wie sie im Ergebnis den Problemlösungen der obersten Planungsbehörde entsprechen.

Wenn das Standortproblem separat aufgeworfen wird, stellt sich damit auch das Problem einer a priori Festlegung bestimmter Grenzwerte bezüglich der externen Kontakte des Komplexes, insbesondere bezüglich der ökonomischen Nachfrage nach Produkten spezialisierter Produktionszweige.

Wenn es weder einen optimalen Inter-Distriktplan, noch irgend einen optimalen Plan für die Produktionszweige gibt, müssen solche Grenzwerte einen ziemlich approximativen Charakter aufweisen. Der Widerspruch zwischen dem Fehlen quantitativer Daten über externe regionale Verflechtungen und der Notwendigkeit, sie bei der Nutzung natürlicher Ressourcen durch den TPK zu berücksichtigen, kann möglicherweise durch ein System von Kostenschätzungen für alle Produkte des Komplexes beseitigt werden, die dessen ökonomischen Wert, d.h. die marginalen Kosten für die Produkte widerspiegeln.

Die Aufgabe einer optimalen Nutzung der regionalen natürlichen Ressourcen durch den TPK und einer Bestimmung des Entwicklungsverlaufes auf dieser Basis ist als ein dynamisches lineares Programmierungsmodell formalisiert. Sie besteht in der Bestimmung der wichtigsten Parameter hinsichtlich der Ausbeutung der natürlichen Ressourcen und des rationalen Verbrauchs der Rohmaterialien im Zeitablauf (richtige Folge, Niveau und Entwicklungsrate einer sinnvollen Komponentenverwertung auf allen aufeinanderfolgenden Bearbeitungsstufen) unter der Annahme, daß die Region den vorgesehenen Output der wichtigsten Produkte erstellt und die akzeptierten Grenzen hinsichtlich der Kapitalinvestitionen, der Arbeitskraftressourcen, der Baukapazitäten und der Maximierung der nationalen ökonomischen Effekte aus der Nutzung der natürlichen Ressourcen einhält.

Die Notwendigkeit eines dynamischen Ansatzes resultiert sowohl aus der Länge der Planungsperiode (15 bis 20 Jahre) als auch aus Besonderheiten der Bergbaubranche, in denen sich die technisch-ökonomischen Bedingungen der Produktion in der Zeit wesentlich verändern. Was die lineare Form des Modells betrifft, so ermöglicht sie es, objektiv festgelegte Schätzungen für die verschiedenen Standortfaktoren und Ressourcen zugleich mit der Optimallösung zu erhalten. Diese Schätzungen können in weiteren Untersuchungen verwendet werden.

Die nationale Ökonomie erfordert im Verlauf der industriellen Entwicklung zusätzliche Aufwendungen für die Beseitigung negativer Auswirkungen auf die Umwelt. Diese Aufwendungen sind unter den extremen Bedingungen des Nordens besonders bedeutend, da die Natur hier sehr empfindlich ist und zusätzliche Zeit für die Wiedererlangung der zerstörten Balance benötigt. Deshalb ist die Schaffung eines Planes für Maßnahmen des Umweltschutzes von großer Bedeutung. Die wesentlichen Grundzüge eines derartigen Planes können sich aus der Lösung des Optimierungsproblems für die Entwicklung

des TPK ergeben. Zu diesem Zweck sind ökologische Bilanzen, die den Verschmutzungsgrad verschiedener Elemente (Wasser, Boden, Luft) in tolerierbaren Grenzen widerspiegeln, in die Modellbedingungen aufzunehmen. Diese ökologischen Bilanzen, die Höchstgrenzen für technogenetische Abfälle festlegen, erlauben es, diejenigen Varianten der Produktionsentwicklung auszuschließen, die zu den stärksten Verunreinigungen führen.

Die Zielfunktion ergibt sich als Differenz zwischen dem Einkommen, das aus der Erstellung des Endproduktes des TPK herrührt (das Einkommen wird als Maximalwert ökonomischer Schätzungen kalkuliert), und den gesamten sozialen Aufwendungen für seine Produktion.

Die Berechnungsmethode für die zur Anwendung gelangten miteinander verbundenen mathematischen Modelle wurde experimentell überprüft. Die Ergebnisse erlauben Schlußfolgerungen hinsichtlich ihrer Effizienz und der Möglichkeit, sie in analogen ökonomischen Situationen extremer natürlicher Bedingungen anzuwenden. Es sollte jedoch beachtet werden, daß sich die natürlichen Faktoren und die sozialökonomischen Voraussetzungen der Entwicklung von TPK ziemlich schnell ändern, und zwar entsprechend den ökonomisch-geographischen Bedingungen der Region, in der diese Komplexe angesiedelt sind. Das erfordert eine sorgfältige Berechnung mit Hilfe geeigneter Daten.

Die Methoden für die Entwicklung regional-ökonomischer Systeme lassen sich dadurch verbessern, daß einige vereinfachende Annahmen überwunden und spezialisierte Modelle entwickelt werden. Es ist notwendig, in solchen Modellen den Transportfaktor zu berücksichtigen, verschiedene Arten nicht-linearer Abhängigkeiten einschließlich des Agglomerationseffektes zu formalisieren und stärker dem Multiproduktcharakter der Produktion Rechnung zu tragen. Das letztere

ist unvermeidlich, wenn die Entwicklung von intersektoral verflochtenen Bergbaukomplexen dargestellt werden soll, die eine größere Anzahl extrahierender Produktionszweige umfassen. Die Bedeutung der natürlichen Ressourcen für den ökonomischen Wandel resultiert daraus, daß sich in der Regel eine Zahl alternativer Verwertungsmethoden für die eine oder andere Ressource anbietet, Methoden, die sich durch die Produktionskosten und die Art des Endproduktes charakterisieren lassen. Insbesondere führt die Konzeption und Entwicklung von intersektoral verflochtenen Bergbaukomplexen auf der Basis einer rationalen Nutzung solcher natürlicher Ressourcen, die in einer dichten territorialen Kombination mit anderen mineralischen Rohstoffen zur Verfügung stehen, gewöhnlich zu vielen gegeneinander austauschbaren und analogen Produkten, ohne daß die Besonderheiten des gegebenen Produktionskomplexes verloren gehen und ohne daß er einer aggregierten Familie von Produktionszweigen zugerechnet werden kann.

Formaltheoretische Bedingungen  
Territorialer Produktionskomplexe<sup>+)</sup>

von N. I. Larina

Institut für Ökonomie und Organisation  
der Industrieproduktion  
Sibirische Abteilung der Akademie  
der Wissenschaften  
Novosibirsk

<sup>+) Redaktionelle Überarbeitung des Manuskriptes  
durch W. Mälich</sup>